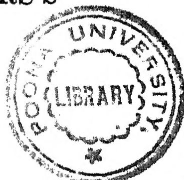
NATURAL PHILOSOPHY

FIRST TREATISE

MATTER AND MOTION.

TRANSLATED FROM CHAMBERS'S
MATTER AND MOTION



BY

MAHÁDEO GOVIND SHÁSTREE

ACTING CURATOR GOVERNMET CENTRAL
BOOK DEPOT BOMBAY

(*Registered under Act. XX of* 1847.)

BOMBAY.

PRINTED AT GANPAT CRIHSNAJI'S PRESS.

1861.

Price, 11 Annas.

This book belongs to
Sattaram
Narayen Thugon
La

Sattaram

32

पदार्थ विज्ञान शास्त्र.



पुस्तक पहिलें,

पदार्थ आणि चलन ह्यांविषयीं,

इंग्रेजी भाषेंत चेंबर्सकृत म्यातर आणि मोशन ह्या नावाचें पुस्तक आहे त्यावरून

महादेव गोविंद शास्त्री

अक्टिंग क्युरेतर गव्हर्नमेंत सेंत्रल बुक डीपो मुंबई

ह्यांनीं केलें

(हें पुस्तक इ० स० १८४७ चा आक्ट २० प्रमाणें रजिस्टर केलें असे.



मुंबईमध्यें

गणपत कृष्णाजी ह्यांचे छापखान्यांत छापिलें.

इ० स० १८६१.

शके १७८२.

किम्मत ११ आणे.

प्रस्तावना.

ह्या सृष्टीकडे लक्षपूर्वक अवलोकन करून पाहिलें असतां असें दिसून येतें कीं, प्राणिमात्राच्या उपजीविकेकरितां व सुखाकरितां ज्या पदार्थांची आवश्यकता आहे ते सर्व पदार्थ परमेश्वरानें ह्या सृष्टिरूप भांडारांत भरून ठेविले आहेत. ह्या भांडाराचा जसा जसा शोध लावावा तसा तसा ह्यांतील अमोलिक पदार्थांचा लाभ होऊन प्राणिमात्राच्या सुखाची वृद्धि होते, आणि परमेश्वराचें अगाध ज्ञान, विलक्षण कर्तृत्वशक्ति आणि अपार दया हीं मनांत येऊन त्याचें आराधन करण्याविषयीं मनुष्याच्या मनाची प्रवृत्ति होते.

ह्या सृष्टींतील कोणत्याही पदार्थाकडे पाहिलें असतां तो नेहेमीं एकाच स्थितींत असत नाहीं, त्याच्या स्थितींत सर्वदां फेरफार होत असतो असें दृष्टोत्पत्तीस येतें. कधीं कधीं पदार्थाची आकृति बदलते, कधीं कधीं रंग बदलतो आणि कधीं कधीं स्थलांतर होतें. अशा प्रकारची पदार्थांची भिन्न भिन्न स्थिति पाहून मनांत अशी शंका उत्पन्न होते कीं ही स्थिति पदार्थास कोठून प्राप्त होते? ह्या शंकेचें समाधान पुढील उदाहरणावरून चांगलें होईल. एक धोंडा जमीनीवर आहे, तो मी आपल्या हातानें वर उचलून घेतला असतां त्याचें स्थलांतर होतें, ह्मणजे तो पहिलें स्थल सोडून दुसऱ्या स्थलीं येतो आणि त्याच्या अंगीं चलन उत्पन्न होतें. आतां ही गोष्ट पुरती समजून येईल कीं, दगडाच्या अंगीं चलन उत्पन्न होऊन त्याचें स्थलांतर होण्यास

माझी इच्छा व कृति कारण होय, कांकीं जर मी त्यास वर उचलून घेतलें नसतें तर त्याणें आपली मूळची स्थिति कधीं सोडिली नसती. बरें आतां त्या दगडास जर मीं हातांतून सोडून दिलें तर तो सोडलेल्या जागीं अंतराळीं नराहतां जमीनीवर येऊन पडतो. परंतु हें खालीं येऊन पडण्याचें कार्य घडण्यास माझी इच्छा कारण नाहीं, कांकीं धोंडा हातांतून सोडतेवेळेस त्याणें खालीं येऊं नये ह्मणून किती जरीं मीं इच्छिलें तरीं तो खालीं आल्यावांचून राहात नाहीं. ह्यावरून निराधार पदार्थ खालीं येऊन पडण्यास मनुष्याच्या इच्छेवांचून दुसरें कांहीं तरी कारण असावें असें सहज अनुमान होतें. ह्या सृष्टींत मनुष्याच्या इच्छेवांचून ज्या शक्तीच्या योगानें पदार्थपतनासारखीं नानाप्रकारचीं कार्यें घडून येतात त्या शक्तीस **स्वाभाविकशक्ति** अथवा **वस्तुशक्ति** असें ह्मणतात. पदार्थपतनासारखीं या सृष्टींत जीं लक्षावधि कार्यें घडतांना आपल्या दृष्टीस पडतात तीं पाहून आपणास असा भास होतो कीं, हीं लक्षावधि कार्यें घडण्याचीं कारणें ही लक्षावधि असतील; परंतु विचारानें पाहिलें ह्मणजे असें अनुभवास येतें कीं, भगवंतानें ह्या सृष्टीची रचना अशी चमत्कारिक केली आहे कीं एका कारणावरून पुष्कळ प्रकारचीं अनेक कार्यें घडण्यांत यावीं. ह्या सृष्टीच्या विचारांत मुख्यत्वेंकरून तीन गोष्टी येतात. पहिली–सृष्टींतील पदार्थ,–दुसरी–त्या पदार्थांपासून घडणारीं कार्यें, आणि तिसरी—तीं कार्यें घडण्याचीं कारणें. ह्या सर्व गोष्टींचें विवरण ज्या शास्त्रांत

केलें असतें त्यास **सृष्टिपरिज्ञानशास्त्र** असें ह्मणतात.

सृष्टिपरिज्ञानशास्त्राचे **पदार्थविज्ञानशास्त्र** आणि **रसायनशास्त्र** असे दोन भाग आहेत. पदार्थांचा आकार, स्थिति आणि चलन ह्यांविषयीं ज्या शास्त्रांत सांगितलें असतें त्या शास्त्रास **पदार्थविज्ञानशास्त्र** असें ह्मणतात; आणि पदार्थांच्या अंतर्गत स्वरूपाविषयीं आणि त्यांच्या प्रकृत्यंशांचे एकामेकांवर व्यापार घडून जीं कार्यें होतात त्याविषयीं ज्यांत सांगितलें असतें त्यास **रसायनशास्त्र** असें ह्मणतात. पदार्थ विज्ञानशास्त्राच्या अनुरोधानें जीं कार्यें घडतात तीं घडत असतां कार्योत्पादक ह्मणजे ज्यांपासून कार्यें उत्पन्न होतात त्या पदार्थांच्या मूल स्वरूपांत अथवा धर्मांत फेर पडत नाहीं, आणि रसायनशास्त्राच्या अनुरोधानें जीं कार्यें घडतात तीं घडत असतां कार्योत्पादक पदार्थांच्या मूलरूपांत फेर पडून त्यांचे धर्महीं अगदीं बदलून जातात. उ॰ घांट वाजविली असतां नाद उत्पन्न होतो, सूक्ष्मदर्शक कांचेतून लहान पदार्थ मोठा दिसतो, एक धोंडा उचलून त्यास फेकून दिलें असतां त्याच्या अंगीं गति प्राप्त होऊन त्याचें स्थलांतर होतें. हीं कार्यें घडत असतां घांट, सूक्ष्मदर्शक कांच आणि धोंडा ह्या कार्योत्पादक पदार्थांच्या मूलस्वरूपांत व धर्मांत फेर पडत नाहीं. परंतु जर आपण लांकडाचा तुकडा जाळिला तर तो तुकडा नाहींसारखा होऊन त्यास दुसरेंच रूप प्राप्त होतें आणि त्याच्या मूळच्या धर्मांपैकीं एकही धर्म रहात नाहीं. तांबें आणि जस्त ह्यांपासून पितळ

रू उत्पन्न होते; परंतु दारू उत्पन्न करणाऱ्या पदार्थांच्या मूळच्या स्वरूपांत व धर्मात अगदीं फेरफार होऊन एक नवीनच पदार्थ बनतो. ह्यावरून जीं कार्यें घडत असतां कार्योत्पादक पदार्थांच्या मूल स्वरूपांत व धर्मात फेर पडत नाहीं तीं कार्यें पदार्थविज्ञानशास्त्रसंबंधीं आहेत असें समजावें; आणि जीं कार्यें घडत असतां कार्योत्पादक पदार्थांच्या मूलस्वरूपांत आणि धर्मांत अगदीं फेर पडतो तीं कार्यें रसायनशास्त्रसंबंधीं आहेत असें समजावें.

ह्या जगांत जे जे कलाकौशल्यादिकांचे व्यापार चालू आहेत ते ते मुख्यत्वेंकरून पदार्थविज्ञानशास्त्र आणि रसायनशास्त्र ह्यांच्या आधारानें चालले आहेत, आणि मनुष्यास ह्या शास्त्रांचें परिज्ञान जितकें जितकें अधिक होत जातें तितकी तितकी कलाकौशल्यादिकांची सुधारणा होऊन त्याच्या सुखाची वृद्धि होत जाते. ह्याकरितां मनुष्यमात्रास ह्या शास्त्रांची थोडी बहुत तरी माहिती करून घेणें आवश्यक आहे.

ह्या दोहों शास्त्रांपैकीं पदार्थविज्ञानशास्त्राचें परिज्ञान झाल्यावांचून रसायनशास्त्रांत चांगला प्रवेश होत नाहीं, ह्याकरितां प्रथम पदार्थविज्ञानशास्त्राचें निरूपण केलें पाहिजे. पदार्थविज्ञानशास्त्राचेही पुष्कळ भाग आहेत त्यांपैकीं प्रथम भागाचें मात्र ह्या पुस्तकांत निरूपण केलें आहे.

अनुक्रमणिका.

पदार्थ आणि चलन.



पदार्थ.

सामान्य विवरण.

या सृष्टींत ज्या वस्तु इंद्रियगोचर आहेत त्या सर्वांस **पदार्थ** असें ह्मणतात; आणि ते पदार्थ ज्या द्रव्याचे घडलेले असतात त्या द्रव्यास **प्रकृति** असें ह्मणतात. उदाहरण—सुवर्ण प्रकृति, अलंकार पदार्थ; माती प्रकृति, आणि घट पदार्थ; इत्यादि.

ज्या पदार्थांस इंद्रियें, ह्मणजे जीव संबंधी कर्मे करायास उपयोगी असे अवयव, असतात त्यांस **सेंद्रियपदार्थ** ह्मणतात; आणि ज्यांस तसले अवयव नसतात त्यांस **निरिंद्रियपदार्थ** ह्मणतात. वनस्पति, जीव, हे सेंद्रिय पदार्थ होत; आणि पाषाण, धातु, हे निरिंद्रिय पदार्थ होत.

आपलीं इंद्रियें आणि पदार्थ यांचा संबंध झाला असतां जें कांहीं आपणास भान होतें त्यास शास्त्रांत **प्रत्यक्ष** असें ह्मणतात.

पदार्थांत जे गुण असल्यामुळें आपणास वेगळीं वेगळीं भानें होतात त्या गुणांस पदार्थांचे **धर्म** असें ह्मणतात.

या सृष्टींत ज्या गोष्टी घडतांना आपल्या दृष्टीस पडतात त्या, कित्येक स्वाभाविक नियमांनीं घडतात, असें अनुमान होतें. ज्या कार्यास जी कारणसामग्री पाहिजे ती असली ह्मणजे तें कार्य घडण्यास कधीं चुकत नाहीं हा जो नियम त्यासच **स्वाभाविकनियम** असें ह्मणतात.

निरिंद्रिय पदार्थांचीं कार्यें व धर्म हीं ज्या स्वाभाविक नियमांस अनुसरून असतात त्या नियमांस कधींकधीं **सृष्टिनियम** असें ही ह्मणतात; आणि या नियमांचें विवरण ज्या शास्त्रांत केलें आहे त्यास **सिद्धपदार्थविज्ञानशास्त्र** असें ह्मणतात. या स्वाभाविक नियमांपैकीं कित्येक नियमांचा संबंध, पदार्थांच्या मूल स्वभावांत फेरफार होऊन जीं कार्यें घडतात त्यांच्याशींच विशेषेंकरून असतो. अशा नियमांचें निरूपण करणारें एक वेगळेंच शास्त्र आहे; त्या शास्त्रास **रसायनशास्त्र** असें ह्मणतात.

पदार्थांच्या धर्मांपैकीं कितीएक धर्म असे आहेत कीं, ते सर्व पदार्थांत सदोदित आढळतात; अशा धर्मांस **सांसिद्धिकधर्म** असें ह्मणतात; कारण ते पदार्थांसहवर्तमान उत्पन्न होतात. ते सांसिद्धिक धर्म येणेंप्रमाणें— **निर्भेद्यता, परिमेयता, आकृति, विभाज्यत्व, जडत्व,** आणि **आकर्षकत्व.**

पदार्थांच्या सांसिद्धिक धर्मांविषयीं.

निर्भेद्यता.

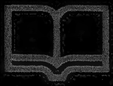
ज्या धर्माच्या योगानें दोन पदार्थांस एककाळीं एकस्थळीं राहतां येत नाहीं त्या धर्मास **निर्भेद्यता** असें ह्मणतात. ही गोष्ट सर्वांस माहीत आहे कीं, हरएक पदार्थास राहावयास कांहीं तरी जागा लागत्ये, आणि तो जोंपर्यंत त्या जाग्यांत असतो तोंपर्यंत त्या ठिकाणीं तो दुसऱ्या पदार्थाचा प्रवेश होऊं देत नाहीं.

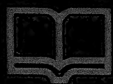
पदार्थांमध्यें कितीएक पदार्थ पातळ आहेत, कितीएक घट्ट आहेत, आणि कितीएक वायुरूप आहेत; पण या सर्वांमध्यें ही हा निर्भेद्यतारूप धर्म आहेच असें अनुभवास येतें. उ०—पाण्यानें तोंडोतोंड भरलेल्या पात्रांत जर आपण हात घालूं लागलों तर, जसा जसा आपला हात आंत जाऊं लागतो तसें तसें पाणी बाहेर पडूं लागतें, कारण आपला हात आणि पाणी या दोहोंचा, निर्भेद्यतारूप धर्मामुळें एक्या वेळीं एक्याच ठिकाणीं समावेश होत नाहीं. याप्रमाणेंच तें भरलेलें पात्र ज्या ठिकाणीं ठेवलेलें असतें त्या ठिकाणावरून तें निघाल्याशिवाय तेथें दुसऱ्या पदार्थाचा प्रवेश होत नाहीं. तसेंच तें भरलेलें पात्र

आपल्या निर्भेद्यतारूप धर्मामुळें, पाण्यास वर चढूं देत नाहीं. आतां त्या पात्रांत जें यत्किंचित् पाणी चढतां दृष्टीस पडतें तें, पाण्याच्या भारानें आंतील वायु दाबला जाऊन जी थोडीशी जागा रिकामी होत्ये तींत चढल्यामुळें दृष्टीस पडतें. परंतु तें पात्र वांकडें करून अथवा त्याच्या वरल्या अंगास छिद्र करून त्यांतील वायूस बाहेर निघूं दिलें ह्मणजे लागलेंच पाणी आंत शिरून वर चढतें.

कांहीं उदाहरणें अशीं आहेत कीं, दोन प्रवाही पदार्थ मिश्रित केले असतां त्या मिश्रणाचें माप त्या पदार्थांच्या मूळ मापांच्या अनुरोधानें जितकें व्हावें त्यापेक्षां कमी भरतें. अशी गोष्ट रसायनसंयोगानें घडत्ये. ते दोन प्रवाही पदार्थ मिश्रित केले असतां त्यांचे कण रसायनाकर्षणाच्या योगानें जवळ जवळ ओढले जातात, यामुळें ते प्रवाही पदार्थ प्रथम जितक्या जागेंत राहत असतात तिजपेक्षां मिश्रणानंतर कमी जागेंत राहतात. पाण्यानें तोंडोतोंड भरलेल्या पात्रांत जर थोडीशी साखर घातली तर पाणी बाहेर नपडतां साखर त्यांत विरघळून जात्ये; याचें कारण असें आहे कीं,

रतो अथवा घुसतो, अशी जी बोलण्याची प्रवृत्ति आहे, तिचा अर्थ, तो त्यांत शिरून अथवा घुसून त्याची जागा त्यासहवर्तमान आपण एककालींच व्यापितो, असा समजायाचा नाहीं, तर त्यांतील प्रकृत्यंश एकीकडे सारून आपणास राहावयास नवी जागा करितो, असा समजावा. जर एक खिळा लांकडांत अथवा दुसऱ्या मृदु पदार्थांत ठोकिला तर तो त्याची आकृति न वाढवितां आंत शिरतो असें स्थलविशेषीं दिसून येतें; परंतु वास्तविक पाहिलें असतां त्या पदार्थांत बारीक बारीक छिद्रें असतात ह्मणून तो खिळा आंत शिरतेवेळेस त्यांतील प्रकृत्यंश एकीकडे सारून त्यांची जागा आपण व्यापितो, आणि तेणेंकरून ते एकीकडे सारलेले प्रकृत्यंश आंतल्या आंत दबून पहिल्यापेक्षां अधिक संकोचानें राहतात; पण असे संकोचानें राहिलेले कण जी कांहीं जागा व्यापितात ती जागा त्याचकालीं दुसऱ्या कणांस व्यापवत नाहीं. याप्रमाणेंच कोणतेंही उदाहरण घेतलें असतां जरीं दोन पदार्थ एककालीं एकस्थलीं राहतात असें सामान्यतः दिसून आलें तरीं विचार करून पाहिलें असतां असें समजून येईल कीं, एकाचे प्रकृत्यंश एकीकडे केल्या-





असें ह्मणतात. या घांटेस खालच्या बाजूस एक आडवी फळी लावलेली असत्ये, तिजवर मनुष्य बसतो; नंतर ती घांट समुद्रांत वांकडीतिकडी होऊं नदेतां सोडितात. ती पाण्यांत बुडाली तरीं तिच्या पोकळींत जो वायु असतो तो आपल्या निर्भेद्यतारूप धर्माच्या योगानें पाण्यास वर येऊं देत नाहीं, त्यामुळें मनुष्याचें तोंड पाण्यांत बुडून त्याचा जीव गुदमरत नाहीं, आणि उदकांत त्यास हवा तसा व्यापार करावयास सांपडतो. या घांटेचें समग्र वर्णन पुढें होईल.

परिमेयता.

ज्या धर्माच्या योगानें पदार्थ कांहीं जागा व्यापितो त्या धर्मास **परिमेयता** असें ह्मणतात. जे पदार्थ इंद्रियगोचर आहेत त्यांस राहावयास कांहीं जागा लागत्ये ही गोष्ट आपल्या प्रत्यक्ष अनुभवास येत्ये, परंतु जे पदार्थ अतिसूक्ष्म आहेत त्यांविषयीं जरी प्रत्यक्ष अनुभव घेतां येत नाहीं तरीं त्यांसही राहावयास कांहीं जागा पाहिजे या गोष्टीचें अनुमानेंकरून ज्ञान होतें. वर जो निर्भेद्यतारूप धर्म लिहिला आहे त्यांतच परिमेयतेचा संग्रह होतो, कारण पदार्थाच्या अंगीं कां-

टला ह्मणजे तो कांहींतरी जागा व्यापितो आणि त्यास कांहींतरी आकारपरिमाण असतें असा साहजिक तर्क होतो, कारण त्यावांचून पदार्थाची कल्पनाच करितां येत नाहीं. पदार्थाचे प्रकृत्यंश जितका अवकाश व्यापितात तितकें त्या पदार्थाचें **आकारपरिमाण** होय.

लांबी, रुंदी, आणि उंची अथवा जाडी अशीं परिमेयतेचीं तीन परिमाणें आहेत. यांपैकीं केवळ एक किंवा दोन परिमाणें ज्यास असतात त्याचा पदार्थांत संग्रह होत नाहीं. उदाहरण—दोन पदार्थांच्या मधलें जें अंतर त्यास लांबीमात्र आहे, उंची आणि रुंदी हीं नाहींत; असेंच आपण उन्हांत उभे राहिलों असतां जी आपली सावली पडत्ये तीस लांबी आणि रुंदी यामात्र आहेत परंतु जाडी नाहीं; ह्मणून अंतर व सावली यांची पदार्थांत गणना होत नाहीं. पदार्थ ह्मटले ह्मणजे त्यांस लांबी, रुंदी, आणि उंची हीं तिन्ही परिमाणें असलीं पाहिजेत. उंची आणि खोली हीं वास्तविक पाहिलें असतां एकच आहेत, परंतु भेद इतकाच कीं वरून खालीं मोजलें ह्मणजे खोली ह्मणतात आणि खालून वर मोजलें ह्मणजे उंची ह्मणतात.

आकृति.

पदार्थांचा जो आकार अथवा घाट त्यास आकृति असें ह्मणतात. ज्यास लांबी व रुंदी आहे त्यास कांहींतरी आकार असलाच पाहिजे, मग तो सुबक असो अथवा आबड धोबड असो, कारण पदार्थास लांबीरुंदी असून आकार नाहीं अशी कल्पनादेखील करवत नाहीं.

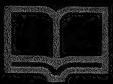
पदार्थांची आकृति व त्यांचें आकारपरिमाण यांचा परस्परांशीं संबंध नसतो. पदार्थ सरूपाकृति असून त्यांचीं आकारपरिमाणें भिन्नही असतात. आणि पदार्थांचीं आकारपरिमाणें सारखीं असून त्यांच्या आकृतिही भिन्न असतात; ह्मणजे एक वाटोळा आणि एक चौकोनी असे दोन भिन्न आकृतीचे पदार्थ असून त्यांचीं आकारपरिमाणें सारखीं असतात.

विभाज्यत्व.

ज्या धर्माच्या योगानें पदार्थांचे हवे तितके विभाग करितां येतात त्या धर्मास विभाज्यत्व असें ह्मणतात. कोणता एकादा पदार्थ घेऊन जर त्याचे आपण तुकडे करीत बसलों तर आपलीं इंद्रियें आणि फार नाजूक शस्त्रें यांचा जेथवर उपाय चालेल तेथवर करितां येतील. परंतु जेथें इंद्रियादिकांचा उपा-

सें जर मनांत आणिलें तर त्या प्रत्येक भागाचे पुनः दोन व त्या प्रत्येकाचे पुनः दोन अशी परंपरा कधीं संपायाची नाहीं. सांप्रत असें मानितात कीं विभागकरणास मर्यादा आहे, ह्मणजे अमुक मानाच्या कणापर्यंत पदार्थांचा विभाग करितां येतो पुढें येत नाहीं, आणि त्या शेवटील करणास परमाणु असें ह्मणतात. परंतु विचारपूर्वक पाहिलें असतां पहिल्या मताचें सयुक्तिक खंडन करितां येत नाहीं.

विभाज्यत्वाच्या योगानें पदार्थांचे मनुष्यास किती सूक्ष्म विभाग करितां येतात ही गोष्ट पुढील उदाहरणांवरून स्पष्टपणें ध्यानांत येईल. अच्छेरभर उंच्या लोंकरीचा १६०००० यार्ड लांबीचा तंतु हातानें काढितां येतो, आणि तितक्याच कापसाचें एक्या चमत्कारिक यंत्रानें २४८ मैल लांबीचें सूत काढितां येतें. या तंतूपेक्षां कोळ्याच्या जाळ्याचे तंतु फारच सूक्ष्म असतात; त्यांची जाडी एक्या इंचाच्या ३०००० व्या भागापेक्षां अधिक नसत्ये. मुलें खेळत असतां मोगली एरंडाच्या चिकाचे जे फुगे अथवा मोत्यें काढितात त्यांच्या पापुद्र्याची जाडी एक्या इंचाच्या २५०००० व्या भागापेक्षां अधिक नस-





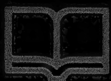
त्ये. सोन्याचे वर्ख इतके तलम करितात कीं ते तीन किंवा चार हजार जेव्हां एकावर एक ठेवावे तेव्हां त्यांची जाडी एक्या इंचाएवढी होत्ये. कलाबतू करण्याकरितां जी तार काढितात ती आंतून रुप्याची असून वरून जो तिला सोन्याचा लपेटा असतो त्याची जाडी इंचाच्या सुमारें चार अथवा पांच दशलक्षांव्या भागाएवढी असत्ये. हीं जीं उदाहरणें लिहिलीं यांपेक्षांही चमत्कारिक उदाहरणें जीवरूप सृष्टीकडे पाहिलें असतां दृष्टोत्पत्तीस येतात.

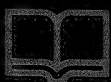
या सृष्टींत कितीएक जीवजंतु इतके बारीक आहेत कीं ते सूक्ष्मदर्शक यंत्राशिवाय दृष्टिगोचरच होत नाहींत; आणि तसले लक्षावधि जीव जेव्हां एकेठिकाणीं करावे तेव्हां त्यांची आकृति एक्या रेतीच्या कणाएवढी होत्ये. असले जीव इतके जरीं बारीक आहेत तरीं ते सूक्ष्मदर्शक यंत्रांतून पाहिले असतां आपल्याप्रमाणेंच त्यांस इंद्रियें आहेत असें दिसून येतें, आणि आपल्या इंद्रियांनीं आपण जे जे व्यापार करितों ते सर्व त्या इंद्रियांनीं ते जीव करीत आहेत असें दृष्टीस पडून अशी अतिरमणीय आणि अतिसूक्ष्म अवयवरचना करणारा जो परमेश्वर त्याचें अतर्क्य कौशल्य आणि अद्भुत शक्ति यांच्या विचारांत आपलें मन गढून जातें.

पदार्थांचे फार बारीक विभाग होण्याचीं लोक-

ऊन जातें. तसेंच तांब्याभर पाणी घेऊन त्यांत मूठभर साखर टाकिली असतां ती विरघळून तिचे इतके सूक्ष्म विभाग होतात कीं ते दृष्टिगोचरही होत नाहींत. पाण्यांत मीठ घातलें असतां त्याचाही परिणाम असाच होतो. अत्तराची कुपी खोलीमध्यें उघडली असतां तींतील सुगंधि तेलाचे परमाणु चोहींकडे उधळून त्याचा खोलीभर घमघमाट सुटतो. दुसरें असें एक चमत्कारिक उदाहरण आढळण्यांत आलें आहे कीं, एक्या मोठ्या खोलींत एक कस्तूरीचा कण ठेविला होता, त्याच्या योगानें त्या खोलींत वीस वर्षेपर्यंत कस्तूरीचा सुवास चालला होता तथापि त्याच्या वजनांत दृष्टोत्पत्तीस येण्यासारखा फेर पडला नाहीं. या सर्व उदाहरणांवरून पदार्थांचे कण किती सूक्ष्म होतात याचें स्पष्ट ज्ञान होतें.

पदार्थ कुजून अथवा जळून नाहींसे होतात तेणेंकरून असा भ्रम होतो कीं त्यांचे कण सृष्टींतूनच नाहींसे होतात. परंतु विचार करून पाहिलें असतां त्यांतील एकही कण नाशाप्रत पावत नाहीं, इतकेंच होतें कीं त्यांचें पहिलें स्वरूप पालटून दुसऱ्या प्रकारचें त्यांस रूप प्राप्त होतें, अथवा इतर पदार्थांशीं ते





संयुक्त होतात. लांकूड जाळलें असतां त्याचे कांहीं अंश वाफेच्या व धुराच्या स्वरूपानें उडून जातात व कांहींचे कोळसे पडतात, परंतु त्यांतील एक्याही कणाचा अगदीं लय होत नाहीं. या गोष्टीची प्रचीती येण्यास असें करावें कीं एक लांकूड जाळण्यापूर्वीं तोलून तें किती वजन भरतें तें पाहावें, आणि जाळते वेळेस धूर वाफ वगैरे जें कांहीं निघतें तें सर्व एक्या भांड्यांत कांहीं युक्तीनें धरावें, आणि तें, जळून जें कोळसे वगैरे कांहीं बाकी राहतें त्यासुद्धां, वजन करावें ह्मणजे पूर्वींच्या वजनाबरावर वजन उतरतें; परंतु इतकें मात्र होतें कीं जाळण्याच्या अगोदर जें त्या लांकडाचें स्वरूप असतें तें पालटून त्यास दुसरेंच स्वरूप प्राप्त होतें. याप्रमाणेंच पारा, पाणीं, व दुसरे पुष्कळ पदार्थ यांची उष्णतेनें वाफ करितां येत्ये, आणि ती वाफ बाहेर जाऊं नदेतां जर एक्या पात्रांत धरून पुनः थंड केली तर ती आपलें मूळचें स्वरूप धारण करित्ये; यावरून उष्णतेनें पदार्थाच्या कणांचा नाश होत नाहीं केवळ स्वरूपांतरमात्र होतें ही गोष्ट चांगली समजुतीस येत्ये.

मनुष्य व इतर जीव मरण पावले असतां त्यांस ज्या ठिकाणीं पुरतात त्या ठिकाणीं त्यांचीं शरीरें कुजून त्यांचें जमीनीस खत होतें, आणि तेणेंकरून जमीन अधिक फलद्रूप होऊन ती मनुष्यादिकांचे पोषणास कार-

आरंभापासून एकसारखी घडामोड चालली आहे, आ-
णि विचारपूर्वक पाहिलें असतां असें स्पष्ट सिद्ध हो-
तें कीं, सृष्टीच्या आरंभीं भगवंतानें जीं द्रव्यें निर्माण
केलीं होतीं त्यांच्याच घडामोडीनें या जगाचा व्या-
पार चालला आहे, त्यांतील एकही कण उणा अथवा
अधिक झाला नाहीं.

जडत्व.

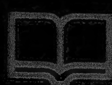
पदार्थ ह्मटला ह्मणजे तो स्थैर्यावस्था व चलना-
वस्था या दोहोंपैकीं कोणत्यातरी एक्या अवस्थेंत
असतो; ही अवस्था ज्या धर्माच्या योगानें त्या-
स आपोआप सोडितां येत नाहीं त्या धर्मास जडत्व
असें ह्मणतात; ह्मणजे असें— पदार्थ जर स्थिर अस-
ला तर त्यास आपोआप चलन पावतां येत नाहीं
आणि जर चलित ह्मणजे चलनविशिष्ट असला तर
त्यास आपोआप स्थिरही होतां येत नाहीं.

ही गोष्ट सर्वांच्या पाहण्यांत आहे कीं, पृथ्वीवर
ज्या मोठमोठाल्या धोंडी आहेत त्या आपली जागा सोडून
आलीकडे पलीकडे कधीं चळत नाहींत, कारण त्यांच्या
अंगीं स्वतः गमन करण्याची शक्ति नाहीं ह्मणून कोणीं

चालक ह्मणजे हालविणारा असल्यावांचून त्यांस हालतां येत नाहीं. याप्रमाणेंच जड पदार्थांच्या अंगीं एकदां चलन उत्पन्न झालें ह्मणजे त्यांस कोणी थांबविणारा असल्यावांचून आपोआप स्थिरही होतां येत नाहीं; कारण ते सजीव नसल्याकारणानें त्यांस स्थिर असतां जसें आपोआप चलन पावतां येत नाहीं तसेंच त्यांस एकदां चलन प्राप्त झालें ह्मणजे आपोआप स्थिरही होतां येत नाहीं.

पदार्थ ज्या अवस्थेंत असतो त्याच अवस्थेंत सतत राहण्याविषयींचा जो त्याचा कल तो पुढील उदाहरणांवरून चांगला समजेल. समुद्रांतून तारूं प्रथम चालू करतेवेळेस त्यास जागचें हालवायास फार बळ लागतें, कारण त्याच्या अंगीं जें जडत्व असतें त्याचा त्यास प्रतिबंध होतो; परंतु एकदां तो प्रतिबंध दूर केला ह्मणजे मग तारवास चालविण्यास तादृश अडचण पडत नाहीं. याप्रमाणेंच गाडी, बगी, अथवा अशा प्रकारचें दुसरें एकादें वाहन प्रथम चालू करतेवेळेस फार जोर लागतो, परंतु तें एकदां चालू झालें ह्मणजे मग तितका जोर लागत नाहीं. अशाप्रकारेंच धांवत्या गाडीस थांबवायाचें झाल्यास त्यासही मोठा आयास पडतो, कारण तिच्या अंगीं जो वेग आलेला असतो तो एकाएकीं बंद करितां येत नाहीं. कोणी मनुष्य गाडींत उभा असून जर एकाएकीं गाडी चालू झाली

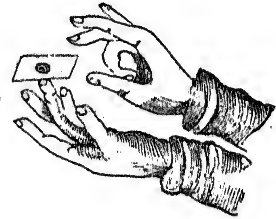
काएकीं थांबली आणि तींत वर लिहिल्याप्रमाणें मनुष्य उभा असला तर त्या गाडीचा पुढें जाण्याचा जो वेग तोच त्याच्या शरीरांत आलेला असतो त्यामुळें त्याचा झोंक पुढें जातो. या गोष्टीचा प्रत्यय आगगाडींत चांगला येतो. ती गाडी चालू होण्याबरोबर तींतील बसणारांस मागल्याकडे धक्का बसतो आणि थांबण्याबरोबर पुढल्याकडे धक्का बसतो. घोडा भरधांव चालत असून तो जर एकाएकीं थांबला तर बसणारा घोड्याच्या मानेवर येतो, आणि घोडा उभा असून जर एकाएकीं चालू झाला तर बसणाराचा झोंक पाठीमागें जातो. गाडी भरधांव चालत असतां जर तींतील मनुष्यानें तिच्या पाठीमागच्या अंगून गैरसावधपणानें उडी टाकिली तर तो जमीनीवर सपशेल उताणा पडतो, आणि जर बाजूकडच्या अंगानें उडी टाकिली तर बाजूवर पडतो; कारण ज्या वेळेस तो उडी टाकूं लागतो त्या वेळेस गाडीचा वेग त्याच्या अंगीं आलेला असतो त्यामुळें त्याचे पाय जमीनीस लागले ह्मणजे त्यांचामात्र वेग कुंठित होतो, परंतु पायांपासून वरील जो शरीराचा भाग त्यांतील वेग जशाचा





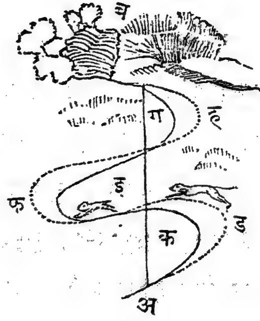
तसाच राहतो याकरितां शरीर उभें नराहतां जमीनी-वर आडवें पडतें.

एक गंजिफेचें पान आपल्या हाताच्या एक्या बो-टाच्या शेवटावर समतोल राही असें ठेवून त्यावर एक पैसा ठेवावा, आणि नंतर ती गंजीफ जरीं टिचकीनें खटदिशीं उडविली तरीं तो पैसा तिच्या बराबर उ-डून नजातां बोटावरच रा-हतो, कारण त्या पैशाच्या अंगीं जें जडत्व असतें त्या-च्या शक्तीपेक्षां त्याच्या खालच्या गंजिफेच्या घर्षणाची शक्ति कमी पडत्ये. (पहिली आकृति पाहा.)


आकृति १

जेव्हां रानामध्यें पारधी लोक कुत्र्यांस सशां-च्या पाठीमागें लावतात त्यावेळेस ते ससे वर लि-हिलेल्या जडत्वरूप धर्माच्यायोगानें आपला बचाव करितात. तो प्रकार असा, जेव्हां कुत्रा सशाच्या पाठीस लागतो तेव्हां तो ससा एकसारखा समोर न-पळतां नागमोडीसारखा वांकडातिकडा पळूं लागतो, ह्मणजे प्रथम तो ज्या दिशेकडे पळत असतो ती दिशा सोडून चटकन दुसरीकडे वळतो आणि तसा वळला ह्मणजे मग कुत्राही लागलाच तिकडे जाण्यास पाहतो;

आकृति २



परंतु त्याच्या अंगीं पुढें जाण्याचा जो झोंक आलेला असतो तो एकाएकीं त्याच्यानें बंद करवत नाहीं, त्यामुळें, तो तसाच कांहीं पुढें जाऊन मग सशाकडेस वळतो, इतक्यांत ससा बराच दूर निघून जातो. अशा युक्तीनें तो ससा जरीं कमी चपळ आहे तरीं बहुधा आपला बचाव करितो. (दुसरी आकृति पाहा.) या आकृतीवरून असें दिसून येईल कीं ब या आडोशाच्या जागेंत ससा अकइग या रेषेनें निघून जातो आणि कुत्र्यास अडफह या रेषेनें जावें लागतें. याप्रमाणेंच मुलें ज्या वेळेस छापापाणी खेळतात त्या वेळेस जो मुलगा चोर ठरतो त्याच्या हातावर टाळी देऊन दुसरा मुलगा जेव्हां पुढें पळूं लागतो तेव्हां चोराच्या हातीं नसांपडावें ह्मणून तो पळतां पळतां मध्येंच वळतो आणि दुसरीकडे पळूं लागतो आणि चोर पुनः त्याच्या पाठीमागें आलासा झाला ह्मणजे मग तो पुनः वळतो, अशा रीतीनें तो त्या चोराच्या हातीं सांपडत नाहीं. या सर्व उदाहरणांवरून पदार्थ स्थैर्य आणि चलन या अवस्थांपैकीं ज्या

अवस्थेंत असतो ती त्याची अवस्था बदलायास फार आयास लागतो असें स्पष्ट समजून येतें.

पदार्थ स्थिर असतां त्यास कोणी हालविणारा असल्यावांचून तो आपोआप चलन पावत नाहीं ह्म-णून जी गोष्ट वर लिहिली आहे ती मनांत भरण्यास कठीण पडत नाहीं, कारण दौत, चौरंग, पेटी, इत्यादि पदार्थ ज्या ठिकाणीं ठेवलेले असतात त्या ठिकाणांवरून कोणी हालविल्याशिवाय आपोआप दुसऱ्या ठिकाणीं जात नाहींत याचा आपल्यास नेहेमीं अनुभव येतो. परंतु पदार्थाच्या अंगीं एकदां चलन उत्पन्न झाल्या-वर त्यास कोणी थांबविणारा नसल्यास तो एकसारखा सदोदित फिरता राहतो, त्यास आपोआप स्थिर होतां येत नाहीं, अशी जी दुसरी एक गोष्ट वर सांगितली आहे तीमात्र लवकर मनांत भरत नाहीं, कारण पृ-थ्वीवरील पदार्थ सदोदित एकसारखे फिरते असण्या-चीं उदाहरणें कधीं पाहाण्यांत येत नाहींत. असें जरीं आहे तरीं पुढें जें उदाहरण लिहिलें आहे त्या-वरून वर लिहिलेल्या गोष्टीचा खरेपणा मनांत ये-ईल. एक शिशाचा गोळा घेऊन तो जर आबड-धोबड जमीनीवरून लोटला तर त्याच्या गतीस ज-मीनीच्या घर्षणाचा प्रतिबंध होऊन तो फार दूर नजातां लवकर थांबतो, परंतु तोच गोळा सपाट व गुळगुळीत जमीनीवरून तितक्याच जोरानें लोटला

असतां त्यास घर्षणाचा पहिल्याइतका प्रतिबंध होत नाहीं या कारणानें तो बराच लांब जातो. यावरून, तो गोठलेल्या पाण्यावरून ह्मणजे बर्फावरून लोटला असतां त्यास घर्षणाचा प्रतिबंध अतिशय कमी होऊन तो फारच लांब जाईल आणि पुष्कळ वेळपर्यंत थांबणारही नाहीं, असें सहज समजुतीस येईल. आतां बर्फाच्या घर्षणाचाही अवरोध होऊं नये ह्मणून त्या गोळ्यास नुसत्या हवेंतूनच जर फेंकलें तर बर्फ व हवा या दोहोंपासून जो प्रतिबंध व्हावयाचा तो नहोतां केवळ हवेचामात्र प्रतिबंध होऊन तो त्याहूनही अधिक दूर जाईल. परंतु पुष्कळ जरीं दूर गेला तरीं पृथ्वीच्या आकर्षणामुळें शेवटीं त्यास जमीनीवर येऊन स्थिर होणें प्राप्त आहे. या उदाहरणावरून इतकें स्पष्ट सिद्ध झालें कीं, त्या गोळ्याच्या गमनास घर्षण, हवा, इत्यादिकांचा जो प्रतिबंध होतो तो सर्व दूर करितां आल्यास तो गोळा स्थिर नहोतां सदोदित एकसारखा चालता राहील.

वाताकर्षक ह्मणून एक यंत्र आहे त्याच्या योगानें एक्या पात्रांतील वायु काढून टाकून त्यांत जर कांहीं युक्तीनें बारीक व कठीण आरीचा भोंवरा फिरविला तर तेथें वायूचा प्रतिबंध नसल्यामुळें तो पुष्कळ वेळ फिरता राहतो. याप्रमाणेंच निर्वात स्थलामध्यें एक आंदोलक फिरता ठेविला तर तोही बहुत

कालपर्यंत फिरता राहतो, कारण त्यास ज्या ठिकाणीं लोंबत ठेवावा त्या ठिकाणच्या अल्पस्वल्प घर्षणावांचून त्याच्या सततगतीस दुसऱ्या कशाचाही प्रतिबंध होत नाहीं.

या सर्व वरील उदाहरणांवरून असें समजेल कीं, पदार्थांच्या अंगीं एकदां चलन उत्पन्न झालें ह्मणजे त्यास स्थिर करण्यास घर्षण, वायु आणि आकर्षण हीं कारणें होत; आणि पदार्थ स्थिर असतां त्यास जसें आपोआप चलन पावतां येत नाहीं त्याप्रमाणेंच त्यास एकदां चलन प्राप्त झालें ह्मणजे आपोआप स्थिरही होतां येत नाहीं.

आकर्षकत्व.

या सृष्टींत असा एक चमत्कारिक नियम अढळतो कीं, प्रत्येक परमाणु दुसऱ्या परमाणूंस आपल्याकडे ओढीत असतो आणि आपणही त्यांजकडून ओढला जात असतो. हा नियम बहुतेक सृष्टिनियमांस आधारभूत आहे; याचा शोध सर ऐझाक न्यूटन ह्मणून जो महाविद्वान् होऊन गेला त्याणें लाविला. तो एके दिवशीं आपल्या बागेंत बसला असतां झाडावरून फळ पडतां त्याच्या दृष्टीस पडलें, तेव्हां तें फळ खालीं कोणत्या कारणानें पडलें असावें

या गोष्टीचा विचार करितां करितां शेवटीं हा नियम त्याच्या ध्यानांत आला. आपला अनुभव आणि लक्षपूर्वक अवलोकन यांवरून असें समजतें कीं हर-एक पदार्थाच्या कणांमध्यें परस्परांस आकर्षून घेण्याचा व्यापार चालला आहे, आणि हा व्यापार जरी प्रत्यक्ष दृष्टिगोचर होत नाहीं तरी त्यापासून जीं कार्यें होतात त्यांवरून याचें साहजिक अनुमान होतें. परमाणु एकत्र जमून त्यांचे पदार्थ बनणें व त्यांतून कितीएकांस गोलरूप आकृति प्राप्त होणें यास आकर्षण शक्तिच कारण होय, आणि हिच्याच योगानें निराधार पदार्थ भूमीवर पडून तिजवर स्थिर होतात. या आकर्षणशक्तीचा व्यापार केवल पृथ्वीवरील पदार्थांवरच घडतो असें नाहीं तर आकाशामध्यें ग्रह व उपग्रह आपआपल्या कक्षांत ह्मणजे भ्रमणमार्गांत फिरतांनां जे आपल्या दृष्टीस पडतात त्यासही ही शक्तिच एक मुख्य कारण होय. तात्पर्य ही शक्ति सर्व ब्रह्मांडांस व्यापून राहिली आहे. आकर्षण शक्तीविषयीं हिंदू लोकांच्या शास्त्रांतही पुष्कळ लेख अढळतात.

आकर्षकत्वाचे प्रकार पुष्कळ आहेत आणि त्याचा व्यापार ज्या प्रकारांनीं घडतो त्यांच्या अनुरोधानें त्यास नावेंही वेगवेगळालीं पडलीं आहेत. पदार्थांचे

प्रकृत्यंश अतिसन्निहित असतां ज्या शक्तीच्या योगानें ते परस्परांस चिकटून राहतात त्या शक्तीस स्नेहाकर्षकत्व असें ह्मणतात; आणि ते प्रकृत्यंश अथवा त्यांपासून बनलेले पदार्थ सन्निहित नसतांही ज्या शक्तीच्या योगानें ते एकमेकांस ओढितात त्या शक्तीस गुरुत्वाकर्षकत्व असें ह्मणतात. फार बारीक नळ्यांतून ज्या शक्तीच्या योगानें प्रवाही द्रव्यें वर चढतात त्या शक्तीस केशाकर्षकत्व असें ह्मणतात. भिन्न जातीच्या पदार्थांचे कणांचा संयोग झाला असतां त्यापासून ज्या शक्तीच्या योगानें मूळच्या कणांपेक्षां वेगळ्याच जातीचे कण उत्पन्न होतात त्या शक्तीस रसायनाकर्षकत्व असें ह्मणतात. लोहचुंबकाच्या टोंकांचा रोंख नेहेमीं ज्या शक्तीच्या योगानें ध्रुवांकडे असतो त्या शक्तीस चुंबकाकर्षकत्व असें ह्मणतात. कितीएक पदार्थांमध्यें घर्षणादिकांच्या योगानें जी कांहींएक आकर्षण करणारी शक्ति जागृत होत्ये त्या शक्तीस विद्युदाकर्षकत्व असें ह्मणतात.

स्नेहाकर्षण.

या आकर्षणाचा व्यापार परमाणु जेव्हां अतिसन्निहित ह्मणजे एकमेकांस अगदीं लागल्यासारखे दिसतात तेव्हां चालू होतो आणि येणेंकरूनच पदार्थांचे अतिसूक्ष्म कण एकत्र जमून त्यांचे पिंड बनतात. हें

आकर्षण कितीएक पदार्थांमध्यें अन्य पदार्थांपेक्षां बलवत्तर असतें, त्यांत धातूंमध्येंतर याची शक्ति सर्वांपेक्षां विशेष असत्ये. याचा सामान्य नियम असा आहे कीं, अप्रवाही पदार्थांत स्नेहाकर्षणाची शक्ति पराकाष्ठेची असत्ये, प्रवाही पदार्थांत त्यांपेक्षां कमी आणि वायुरूप पदार्थांत फारच कमी, किंबहुना नसत्ये ह्मटलें तरीं चिंता नाहीं.

एक लोखंडी तार घेऊन तिच्या शेवटास जरीं एक मोठें वजन अडकविलें तरीं तिचे कण एकमेकांपासून दूर होऊन ती तार तुटत नाहीं, परंतु उदकाचे कण वेगळे करायाचे झाल्यास लवकर करितां येतात, आणि वायूच्या कणांस वेगळे करायासतर कांहींच आयास लागत नाहीं. यावरून त्या तिहीं प्रकारच्या पदार्थांत स्नेहाकर्षणशक्तीचें मान अगदीं वेगळें वेगळें आहे असें सिद्ध होतें.

जेव्हां पदार्थाचे कण प्रवाही अवस्थेंत असून अंतरालांत जवळ जवळ तरंगत असतात, आणि त्यांवर दुसऱ्या एकाद्या पदार्थाचें तादृश आकर्षण घडत नसतें तेव्हां त्या कणांमध्यें स्नेहाकर्षणाचा व्यापार चालू होऊन ते एक्या मध्याभोंवतीं जमतात आणि तेणेंकरून त्यांचा गोलाकार पिंड बनतो. गारा, पावसाचे थेंब, डोळ्यांतील अश्रु, इत्यादिकांस वरील नियमानेंच गोलरूप आकृति प्राप्त होत्ये. झाडांचीं पानें

तें ह्मणून त्यांस गोलरूपता प्राप्त होत्ये. अळवाच्या अथवा कमळाच्या पानावर पाण्याचे थेंब पडले असतां त्यांस जी मोत्यासारखी गोलरूप आकृति प्राप्त होत्ये त्यास व पारा सांडला असतां ज्या त्याच्या गोळ्या बनतात त्यास ही स्नेहाकर्षणशक्तिच कारण होय. याचें आणखी एक उदाहरण शिशाचे छरे ज्या ठिकाणीं होतात त्या ठिकाणीं दृष्टीस पडतें. प्रथम शिशाचा रस करितात आणि तो जमीनीपासून सुमारें दीडशें हात उंचीवर एक चाळण धरून तींत ओतितात, आणि तो चाळणींतून सुटल्याबरोबर त्याच्या प्रत्येक धारेच्या, स्नेहाकर्षणाच्या योगानें बारीक बारीक गोळ्या बनतात आणि त्या जमीनीवर पोंचण्याच्या अगोदरच थंड होऊन घट्ट होतात. या सर्व उदाहरणांत वाटोळा आकार प्राप्त होण्याचें कारण हेंच दिसतें कीं, प्रवाही अवस्थेंत त्या प्रत्येक पदार्थाचे परमाणु परस्परांच्या आकर्षणामुळें एक्या मध्याभोंवतीं ओढले जाऊन त्यांस तशी स्थिति प्राप्त होत्ये. आकाशांत जे गोलरूप सूर्य, चंद्र व आणखी दुसरे ग्रह व उपग्रह आपल्या दृष्टीस पडतात ते उत्पत्तिकालीं प्रवाही अवस्थेंत असून त्यांचे कण स्नेहाकर्षणाच्या योगानें एक्या मध्याभों-

वर्ती जमून त्यांस गोलरूप आकृति प्राप्त झाली असा-
वी असा विद्वान् लोक तर्क करितात.

गुरुत्वाकर्षण.

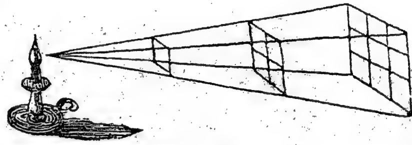
स्नेहाकर्षणाच्या योगानें प्रकृत्यंश एकमेकांस अ-
गदीं चिकटून राहून जसे त्यांचे पिंड बनतात तसेच
गुरुत्वाकर्षणाच्या योगानें तसले पिंड एकमेकांकडे ओ-
ढले जाऊन त्यांचे अधिक मोठे पिंड बनतात. गुरु-
त्वाकर्षण आणि स्नेहाकर्षण या दोहोंमध्यें भेद इतका-
च कीं, स्नेहाकर्षणाचा व्यापार, प्रकृत्यंश अतिसन्निहि-
त असतांच, घडतो आणि गुरुत्वाकर्षणाचा व्यापार, प-
दार्थ कितीही अंतरावर असले तरी, घडतो. परंतु प-
दार्थ जसे जसे एकमेकांजवळ येतात तशी तशी गुरुत्वा-
कर्षणाची शक्ति वाढत जात्ये, आणि ते जसे जसे ए-
कमेकांपासून दूर दूर होत जातात तशी तशी आकर्षण-
शक्ति कमी कमी होत जात्ये. असा न्यूनाधिकभा-
व ज्या मानानें होत जातो त्याविषयीं शास्त्रीयरीतीनें
असें बोलतात कीं, आकर्षण दोन पदार्थांच्या अंतरा-
च्या वर्गाशीं व्यस्त प्रमाणानें घडतें; ह्मणजे अंतराच्या
वर्गाचें मान जर दुप्पट वाढलें तर आकर्षण दुप्पट क-
मी, चौपट वाढलें तर चौपट कमी. याप्रमाणेंच वर्गाचें
मान जर दुप्पट कमी झालें तर आकर्षण दुप्पट अधि-
क होतें आणि चौपट कमी झाल्यास चौपट अधिक

२ याचा वर्ग ४, आणि दुसरे अंतर ४ याचा वर्ग १६, हा चोहोंचा वर्ग दोहोंच्या वर्गाच्या चौपट आहे, याकरितां आकर्षण दुप्पट अंतरावर चौथा हिस्सा झालें. याप्रमाणेंच ६ हातांच्या अंतरावर जर तीन शेर आकर्षण कल्पिलें तर दोहों हातांच्या अंतरावर नऊपट ह्मणजे २७ शेर होईल; कारण पाहिलें अंतर ६ याचा वर्ग ३६ हा, दुसरें अंतर २ याचा वर्ग ४ याच्या नऊपटबिराबर आहे.

उष्णता आणि प्रकाश यांची शक्तिही गुरुत्वाकर्षणाच्या मानाप्रमाणेंच न्यूनाधिक होत्ये. ही गोष्ट सर्वांस ठाऊक आहे कीं, अग्नीच्या जवळ जसेंजसें जावें तशीतशी त्याची धग अधिकाधिक लागत्ये; आणि जसें जसें त्यापासून दूर दूर व्हावें तशी तशी ती कमी कमी लागत्ये. याप्रमाणेंच दिवा जितका जवळ तितका त्याचा प्रकाश अधिक पडतो आणि जितका दूर तितका कमी पडतो. आतां हा न्यूनाधिकभाव अंतराच्या वर्गाशीं व्यस्त प्रमाणानें घडतो ही गोष्ट पुढील उदाहरणावरून चांगली लक्षांत येईल. एक दिवा लावून त्यापासून तीन हातांच्या अंतरावर एक हात औरसचौरस फळा ठेवून त्याच्या पली-

कडे तीन हातांवर दोन हात औरसचौरस दुसरा एक फळा ठेवावा, आणि त्याच्या पलीकडे तीन हातांवर तीन हात औरसचौरस तिसरा एक फळा ठेवावा. आतां असें दिसून येईल कीं, पहिल्या फळ्याच्या क्षेत्रापेक्षां दुसऱ्याचें क्षेत्र चौपट आहे आणि तिसऱ्याचें नऊपट

आकृति ३



आहे, व पहिला एक हात औरसचौरस फळा आड असल्यामुळें दुसरा व तिसरा यांवर अगदीं प्रकाश पडत नाहीं. आतां पहिला एक हात औरसचौरस फळा जर आपण काढून घेतला तर त्यावरील सर्व प्रकाश दोन हात औरसचौरस फळ्यावर पडून तो पहिल्यापेक्षां चौपट क्षेत्रावर पसरेल आणि त्याचें तेज चौपट कमी होईल. याप्रमाणेंच दुसरा दोन हात औरसचौरस फळा काढून घेतला असतां त्यावरील सर्व प्रकाश तीन हात औरसचौरस फळ्यावर पडून तो नऊपट क्षेत्रावर पसरेल आणि अर्थातच त्याचें तेज नऊपट कमी होईल. (वरील आकृति पाहा.)

अंतर जसें जसें वाढत जातें तसेंतसें आकर्षण कमी कमी होत जातें ही गोष्ट उदाहरणरूपानें पुढील कोष्टकांत लिहिली आहे. या कोष्टकाच्या वरल्या ओळींस चढत्या अंकांनीं अंतरें दाखविलीं आहेत, आ-

णि खालच्या ओळींत त्या अंतरांच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणानें आकर्षण कसें कसें कमी होत जातें तें दर्शविलें आहे.

अंतरें	१	२	३	४	५	६	७	८	याप्रमाणें पुढेंही
आकर्षण	१	$\frac{१}{४}$	$\frac{१}{९}$	$\frac{१}{१६}$	$\frac{१}{२५}$	$\frac{१}{३६}$	$\frac{१}{४९}$	$\frac{१}{६४}$	याप्रमाणें पुढेंही

या कोष्टकावरून असें दिसून येतें कीं, १ ह्या अंतरावर जितकें आकर्षण असतें त्याच्या ६४ व्या भागा इतकें ८ ह्या अंतरावर होतें.

पदार्थांच्या अंतरांच्या अनुरोधानें आकर्षणशक्ति जशी न्यूनाधिक होत्ये तशी त्यांतील प्रकृत्यंशांच्या अनुरोधानेंही होत्ये, ह्मणजे पदार्थांत प्रकृत्यंश जर अधिक असले तर आकर्षणशक्ति अधिक आणि कमी असले तर कमी. याकरितां आकर्षणाचा व्यापार केवळ पदार्थांच्या पृष्ठभागापासूनच घडतो असें नाहीं तर त्यांत जितके प्रकृत्यंश असतात तितक्या सर्वांपासून घडतो.

कितीएक पदार्थांचें आकारपरिमाण सारखें असतें परंतु त्यांतील प्रकृत्यंशांचें मान सारखें नसतें. उदाहरण— एक लोखंडाचा गोळा आणि दुसरा तेवढ्याच आकाराचा कापसाचा गोळा घेऊन त्यांतील प्रकृत्यंशांचीं मानें पाहूं लागलें असतां पहिल्या गोळ्यांतील प्रकृत्यंश दुसऱ्या गोळ्यांतील प्रकृत्यंशांपेक्षां फारच अधिक भरतात. याकरितां लोखंडी गोळ्यां-

तील प्रकृत्यंशांबरावर प्रकृत्यंश होत एवढा जेव्हां कापसाचा गोळा घ्यावा तेव्हां त्या दोहोंची आकर्षणशक्ति समान होईल.

हरएक पदार्थाच्या आकर्षणशक्तीचा व्यापार त्याच्या मध्यापासून घडत असतो, याकरितां मध्यापासून सारख्या अंतरावर आकर्षणशक्ति एकसारखी असत्ये. उदाहरण— जो पदार्थ अगदीं गोलरूप आहे त्याच्या पृष्ठभागावरील सर्व स्थलांवर एकसारखें आकर्षण घडतें. गोलरूप आकृतीच्या मध्यापासून तिच्या पृष्ठापर्यंत जें अंतर त्यास त्रिज्या असें ह्मणतात. आकर्षणशक्ति, पदार्थांमधील अंतराच्या अनुरोधानें न्यूनाधिक होत्ये, याविषयीं वर जो नियम लिहिला आहे त्याप्रमाणें पाहतां, गोलपृष्ठापासून त्रिज्यांतरावर ह्मणजे मध्यापासून दोहों त्रिज्यांच्या अंतरावर, आकर्षणशक्ति चतुर्थांश राहत्ये, तिहींवर नवमांश, आणि चोहोंवर षोडशांश, याप्रमाणें पुढेंही. याकरितां एक्या गोळ्याचें दुसऱ्या एकाद्या पदार्थावर किती आकर्षण घडतें हें पाहायाचें असल्यास त्या गोळ्यापासून तो दुसरा पदार्थ किती त्रिज्यांच्या अंतरावर आहे याचा प्रथम निर्णय करावा, आणि जी त्रिज्यांतरांची संख्या येईल तीस तिनेंच गुणून जो गुणाकार येईल तितके पट त्यापदार्थावर गोळ्याचें आकर्षण कमी होईल असें समजावें; ह्मणजे तो दुसरा पदार्थ त्या गोळ्या-

च्या पृष्ठावर असतां त्यावर जितकें त्याचें आकर्षण घडायाचें त्यापेक्षां तितक्या अंतरावर त्याचें आकर्षण वरील गुणाकाराच्या इतकेपट कमी होईल असें जाणावें. उदाहरण—चंद्र पृथ्वीपासून सुमारें एक-लक्ष वीसहजार (१२००००) कोस अथवा पृथ्वीगोलाच्या ६० त्रिज्या इतक्या अंतरावर आहे. आतां ६० आणि ६० यांचा गुणाकार ३६०० होतो, याकरितां चंद्रावर पृथ्वीचें आकर्षण तो तिच्या पृष्ठभागावर असतां जितकें घडलें असतें त्याचा $\frac{१}{३६००}$ वा भाग घडतें.

जर पृथ्वी केवळ गोलरूपच असती तर तिचें आकर्षण तिच्या पृष्ठभागाच्या सपाटीवर जीं स्थलें आहेत त्यासर्वांवर एकसारखें घडलें असतें, परंतु ती ध्रुवांकडे जरा चपटी आहे ह्मणून विषुववृत्तावरील पृष्ठभागापेक्षां ध्रुवाजवळचा तिचा पृष्ठभाग तिच्या मध्यापासून सुमारें तेरा मैल जवळ आहे, याकरितां ध्रुवाजवळ आकर्षण अधिक घडतें, आणि ध्रुवापासून जसें जसें विषुववृत्ताकडे यावें तसें तसें आकर्षण कमी कमी होत जातें. याच कारणावरून इंग्लंडांत जाचें एक शेर वजन भरतें असा एक लोखंडी गोळा गिनीच्या कांठावर तोलला असतां तो एका शेरापेक्षां कमी आणि ग्रीनलंडांत तोलला असतां एका शेरापेक्षां अधिक भरतो, यावरून पाहतां पदार्थांच्या अंगीं

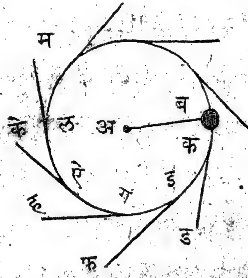
नें वजन उत्पन्न होतें तें आकर्षणशक्तीच्या योगानें होतें असा सिद्धांत होतो. विषुववृत्ताकडे जाण्यानें जसें वजन कमी होतें तसेंच उंच डोंगरावर गेलें असतांही कमी होतें; कारण पृथ्वीच्या मध्यापासून विशेष दूर गेल्यामुळें आकर्षण शक्तीचें मान कमी होऊन वजन कमी भरतें. चार मैल उंचीच्या डोंगरावर चार हजार शेर वजनाचा गोळा सुमारें दोन शेर कमी भरतो. उंच गेलें असतां वजन कमी भरतें ही गोष्ट साधारण तराजूनें समजत नाहीं, कारण ज्या वजनांशीं ताडून पाहावयाचें तीं वजनेंही उंच गेल्यामुळें कमी भरतात. याकरितां उंचीवरील वजन मोजायाचें काम कमानीच्या तराजूनें करितात. या तराजूचें वर्णन पुढें होईल.

पदार्थाचें वजन अथवा भार यास शास्त्रीय भाषेनें गुरुत्व असें ह्मणतात. पदार्थ निराधार असतां ते खालीं कां पडतात व त्यांच्या पडण्याचा नियम कसा आहे या सुरस विषयाचा विचार पुढें करायाचा आहे त्यावेळेसच गुरुत्वाचा विचार होईल.

ग्रह, उपग्रह, व इतर तारे, आकाशांत वर्तुलाकार गतीनें फिरतां, जे आपल्या दृष्टीस पडतात, त्यास आकर्षणच कारण होय, असें जें वर लिहिलें आहे त्याचें आतां संक्षेपेंकरून वर्णन करितों. असा एक नियम आहे कीं, जो पदार्थ वर्तुल गतीनें फि-

रतो त्यावर नेहेमीं दोन प्रेरणा घडत असतात. ही गोष्ट चवथ्या आकृतीवरून चांगली ध्यानांत येईल.

आकृति ४



या आकृतींत एक्या टोंकास ब गोळा बांधलेली अशी एक दोरी अ या मध्यास अडकविलेली आहे. आतां त्या ब गोळ्यास धक्का देऊन फिरता केला ह्मणजे धक्का व दोरीचा अटकाव या दोहों प्रेरणांचा व्यापार त्यावर चालू होऊन तो अ मध्याभोंवतीं वर्तुल गतीनें फिरतो. परंतु तो वर्तुल गतींत फिरत असतांही त्याच्या अंगीं सरळ रेषेनें पुढें जाण्याचा झोंक असतोच, यामुळें जर त्यावरील दोरीच्या अटकावाची प्रेरणा नाहींशी झाली, ह्मणजे जर तो क स्थळीं दोरींतून निसटला तर कड रेषेंत जातो, जर इ स्थळीं निसटला तर इफ रेषेंत जातो, आणि जर ग स्थळीं निसटला तर गह रेषेंत जातो, याप्रमाणेंच पुढेंही जाणावें. या उदाहरणांत ब गोळ्यास अ मध्याकडे ओढणारा जो दोरीचा अटकाव त्यास ध्रुवाकर्षप्रेरणा असें ह्मणतात, कारण ती प्रेरणा ध्रुव ह्मणजे मध्य याकडे पदार्थास आकर्षून घेत्ये; आणि तो ज्या प्रेरणेच्या योगानें अ मध्याकडे नजातां पुढें सरळ रेषेंत जातो त्या प्रेरणेस ध्रुवोत्सारप्रेरणा असें ह्मण-

तात, कारण ती ध्रुवापासून पदार्थाचें उत्सारण करीत असत्ये ह्मणजे त्यास दूर लोटीत असत्ये.

ही गोष्ट सर्वांस माहीत आहे कीं, एक खडा गोफणींत घालून तीस आपण फिरवीत असतां जर तो तींतून निसटला तर त्याक्षणीं ज्या दिशेकडे त्याच्या गतीचा रोंख असतो त्या दिशेकडे तो सरळ रेषेंत उडून जातो. हीच या ठिकाणीं ध्रुवोत्सारप्रेरणा होय. ग्रहमालेविषयींही असेंच कल्पितात कीं, परमेश्वरानें पृथिव्यादिग्रह उत्पन्न करून त्यांस अंतरालांत झोंकून दिलें तेव्हां त्यांच्या अंगीं सरळ रेषेंत एकसारखें पुढें जाण्याचा रोंख प्राप्त झाला, आणि त्यांच्या गमनास दुसऱ्या कशाचा व्याक्षेप झाला नसता तर ते तसेच सरळ रेषेंत पुढें चालत राहते; परंतु ज्याच्या पुढें हे फारच लहान असा जो अतिप्रचंड सूर्य त्याच्या आकर्षणशक्तीच्या सपाट्यांत हे सांपडल्यामुळें यांचा पुढें जाण्याचा रोंख कुंठित झाला. याठिकाणीं सरळ रेषेंत पुढें जाण्याची जी ईश्वरदत्त प्रेरणा ती ध्रुवोत्सारप्रेरणा होय, आणि सूर्याचें जें आकर्षण ती ध्रुवाकर्षप्रेरणा होय. या दोहों प्रेरणांच्या व्यापारापासून, पृथिव्यादि ग्रहांचें एकसारखें सरळ रेषेंत नीट पुढें जाणें, तसेंच सूर्याच्या जवळ येणें, हीं दोनही बंद होऊन, त्यांस वर्तुलगति प्राप्त झाली, आणि तिच्या योगानें ते सूर्या भोंवतीं, आ-

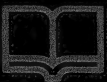
पला गमनवेग व सूर्याचें आकर्षण यांच्या अनुरोधा- नें, फिरू लागले. याप्रमाणेंच ग्रहांच्या भोंवतीं उप- ग्रहही फिरुं लागले. या सर्व प्रतिपादनावरून आ- कर्षणशक्तीच्या योगानें ग्रह व उपग्रह यांस वर्तुल- गति कशी प्राप्त होत्ये याविषयाचें चांगलें परिज्ञान होईल.

पदार्थ मोठे असोत अथवा लहान असोत त्यांचें एकमेकांवर त्यांच्या प्रकृत्यंशांच्या मानाप्रमाणें आ- कर्षण घडल्यावांचून राहात नाहीं. याकरितां हर एक पदार्थ किती जरीं लहान असला तरीं पृथ्वीवर त्याचें कांहींतरी आकर्षण घडतें. परंतु जो जो पदार्थ आपल्या पाहण्यांत येतो तो तो पृथ्वीशीं ताडून पा- हिला असतां इतका लहान असतो कीं त्याची आ- कर्षणशक्ति अनुभवासच येण्यासारखी नसत्ये. पण पृथ्वीच्या तोलाचा दुसरा एकादा पदार्थ तिच्या जवळ आला असतां त्याकडे ती ओढली जाईल असें अ- नुमान होतें. जेव्हां आकाशांतील जड गोलक एक- मेकांजवळ येतात तेव्हां त्यांचें परस्परांवर आकर्षण घडून ते आपआपल्या कक्षांपासून ह्मणजे गमनमा- र्गांपासून चलित होतात.

पदार्थांच्या परस्पर आकर्षणाविषयीं अशी ए- क गोष्ट प्रत्ययास आली आहे कीं, एक ओळंबा ज- र पर्वताच्या शिखरावरून सोडिला तर तो थेट लंब-

विकला झुकतो.

पृथ्वीच्या पोटांत जसें जसें खोल जावें तसें तसें पदार्थाचें वजन कमी कमी होत जातें, यावरूनही प्रकृत्यंशांच्या अंगीं एकमेकांस ओढण्याची शक्ति आहे असें सिद्ध होतें. एक पदार्थ पृथ्वीपृष्ठावर वजन करून तो एक कोस तिच्या पोटांत नेला असतां पहिल्यापेक्षां वजनांत कमी भरतो; कारण त्या पदार्थाच्या वरल्या अंगची लिंबाच्या सालीसारखी एक कोस जाडीची जी सर्व भूगोलाची कंवची तींतील प्रकृत्यंशांच्या आकर्षणांचा त्या पदार्थावर परस्पर विरुद्ध व्यापार घडून त्या सर्व कंवचीचें आकर्षण नघडल्यासारखें होतें, आणि त्या कंवचीच्या आंतला जो बाकी राहिलेला गोलभाग तेवढ्याचें मात्र त्या पदार्थावर आकर्षण घडतें आणि तेणेंकरून वजनांत कमतर येत्ये. याप्रमाणें त्या पदार्थास जसें जसें मध्याजवळ नेऊं लागावें तसा तसा तो हलका हलका भरत जातो. जर आपणास पृथ्वीच्या मध्यापर्यंत जातां आलें तर तेथें चोहोंकडून आकर्षण एकसारखें घडून पदार्थाच्या अंगीं कांहींच वजन राहणार नाहीं; आणि पृथ्वीमध्याच्या





ठिकाणीं जर पोकळी सांपडेल तर तो पदार्थ अंतराळीं निराधार राहील.

पृथ्वीच्या सभोंवार जें स्थितिस्थापक वातावरण ह्मणजे वायूचें वेष्टन आहे त्याची पृथ्वीवर स्थिति होण्यास व तिच्या पृष्ठावर जेवढी पोकळ जागा आहे तींत तो वायु भरून राहाण्यास तिची आकर्षणशक्तिच कारण होय, आणि याच शक्तीच्या योगानें त्या वातावरणाच्या अंगीं भारही उत्पन्न झाला आहे. समुद्रकांठीं जर आपण उभे असलों तर आपल्या शरीराच्या एक्या औरसचौरस इंच जाग्यावर आपल्या भोंवतालच्या वायूचा १५ रतल ह्मणजे पक्के साडेसात शेर भार पडतो. हा भार, समुद्राची सपाटी सोडून जसें जसें उंच जावें तसा तसा, कमी होतो. अमुक उंचीवर वायूचा अमुक दाब पडतो ही गोष्ट भारमापक यंत्रावरून कळून येत्ये. या यंत्रांत एक तोंड बंद केलेली अशी ३२ अथवा ३३ इंच लांबीची एक कांचेची नळी असत्ये आणि ती पाऱ्यानें भरून तिच्या उघड्या तोंडाकडच्या बाजूनें ती पाऱ्यानें भरलेल्या दुसऱ्या एक्या पात्रांत बुडविलेली असत्ये. या पात्रांतील पाऱ्यावर वायूचा दाब जसाजसा न्यूनाधिक होत जातो तसातसा नळींतील पारा अधिक उणा उतरतो आणि तेणेंकरून समुद्राच्या सपाटीपासून

आपण अमुक उंच गेलों असें समजतें. या यंत्राचें विस्तारेंकरून वर्णन पुढें होईल.

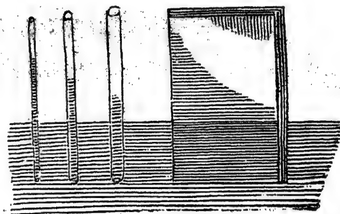
वातावरणाच्या अंगीं जो भार उत्पन्न होतो तो पृथ्वीच्या आकर्षणशक्तीच्या योगानें उत्पन्न होतो, आणि त्यापासून सृष्टींत नानाप्रकारचे चमत्कार दृष्टीस पडतात. परंतु ही एक गोष्ट लक्षांत ठेविली पाहिजे कीं वाताकर्षक यंत्राच्या साहाय्यानें पदार्थांवरील वायु व त्याचा दाब हीं बहुधा नाहींशीं करितां येतात, परंतु गुरुत्वाकर्षण कधीं नाहींसें करितां येत नाहीं; कारण गुरुत्वाकर्षकत्व हा पदार्थाचा सांसिद्धिक व अविनाशी धर्म आहे.

धूर, वाफ, इत्यादि पदार्थ खालीं नपडतां वर चढतात त्यामुळें त्यांवर आकर्षणशक्तीचा व्यापार चालत नाहीं असें भासतें, परंतु त्यांवरदेखील आकर्षण घडत असतें. धुरामध्यें मुख्यत्वेंकरून पाण्याची वाफ, काजळीचे बारीक बारीक कण आणि ज्वालाग्राही व्यास ह्मणजे वायुरूप पदार्थ हे असतात, आणि उष्णतेच्यायोगानें ते पदार्थ वातावरणापेक्षां हलके होतात ह्मणून वातावरणावर तरंगले जातात आणि तेणेंकरून तो धूर वर चढतो. परंतु त्यांतील काजळीचे भागाचा घरोसा अथवा जळमटें जमून तीं कांहीं वेळानें आपल्या दृष्टीस पडतात आणि वाफेचे कण हवेंत विरघळून अदृश्य होतात.

केशाकर्षण.

बारीक नळ्या अथवा सच्छिद्र पदार्थ यांच्या रंध्रांतून ज्या शक्तीच्यायोगानें प्रवाही द्रव्यें वर चढतात त्या शक्तीस **केशाकर्षकत्व** असें ह्मणतात. लहानमोठ्या छिद्रांच्या कांचेच्या नळ्या जर पाण्यांत उभ्या ठेविल्या तर असें दिसून येतें कीं ज्या नळीचें छिद्र सर्वांपेक्षां बारीक त्या नळींत पाणीं सर्वांपेक्षां उंच चढतें, आणि ज्यांचीं छिद्रें तिजपेक्षां मोठीं मोठीं असतात त्यांत पाणीं कमी कमी चढतें. याप्रमाणेंच कांचेचीं दोन तावदानें घेऊन त्यांच्यामध्यें फार बारीक चीर राही अशा बेतानें तीं एकमेकांवर ठेवून जर पाण्यानें भरलेल्या पात्रांत बुडविलीं तर पाणीं त्या चिरेंतून वर चढतें आणि हें चढणें चीर जितकी जितकी बारीक तितकें तितकें अधिकाधिक होतें. (वरील आकृतिपाहा)

आकृति ५



पाण्यानें भरलेल्या पात्रांतून एक पेलाभर पाणीं बाहेर काढून घेऊन त्याकडे न्याहाळून पाहूं लागलें ह्मणजे पेल्याच्या बाजूस लागलेले जे पाण्याचे कण असतात ते मध्यभागच्या पाण्याच्या कणांपेक्षां वर

उचलले जातात असें दृष्टीस पडतें. असें होण्यास केशाकर्षणशक्तिच कारण होय.

हें आकर्षण पुष्कळ प्रकारच्या सच्छिद्रपदार्थांत घडतांना दृष्टीस पडतें. कच्ची वीट व मातीचें ढेकूळ, हीं पाण्याशीं यत्किंचित् स्पर्श होई अशीं ठेविलीं असतां तीं सर्व भिजून जातात. अशीच दिव्याची वात तेलास केशाकर्षणशक्तीच्या योगानें ओढून घेऊन ज्योतीकडे नेत्ये. जर आपल्या अंगवस्त्राचें एक शेवट घंगाळांत पडलें तर तें अंगवस्त्र वरवेरीं ओलें होतें. याप्रमाणेंच शाई टिपायाचा कागद ओल्या अक्षरांवर ठेविला ह्मणजे लागलाच तो त्यांतली शाई शोषून घेतो. एक्या खडकाच्या चिरेंत कोरड्या लांकडाची पाचर जर मारली आणि तिजवर पर्जन्यादिकाचें पाणीं पडलें तर ती केशाकर्षणाच्या योगानें तें पाणीं शोषून घेऊन फुगत्ये आणि त्यायोगानें कदाचित् तो खडकही तडकून जातो. दुसरी अशी एक गोष्ट प्रसिद्ध आहे कीं, एकाद्या पातळ भांड्याचे पोंचे काढणें झाल्यास त्यांत कोरडे हरभरे भरून वर पाणीं ओततात, मग ते हरभरे केशाकर्षणाच्या योगानें पाणीं शोषून घेऊन फुगले ह्मणजे त्यांच्या नेटानें ते पोंचे निघतात, आणि जर कदाचित् हरभरे फार झाले तर त्या भांड्याचा सांधाही निखळून जातो. मडक्यामध्यें अथवा डेऱ्यामध्यें डाळी वगैरे फुगणारीं धान्यें

तोंडोतोंड भरून ठेवून त्यांवर जड झांकण ठेविलें असतां दमसर हवेच्यायोगानें देखील आंतील धान्य फुगून तीं मडकीं कधीं कधीं उलून जातात.

पृथ्वींत जे झरे उत्पन्न होतात तेही याच आकर्षणाच्यायोगानें होतात. रेती व बारीक बारीक खडे यांचे जे जमीनींत थर असतात त्यांत पुष्कळ छिद्रें असतात त्यांच्यायोगानें अथवा खडकांत ज्या बारीक बारीक चिरा असतात त्यांच्यायोगानें पाणीं वर चढून त्याचा झरा होतो. याच रीतीनें भुईंतील पाणीं वर चढून भिंतीस अथवा जमीनीस ओलावा चढतो, याकरितां घराचे पाये घालतेवेळेस खालीं दमसर जमीनीचा भाग असल्यास तो काढून टाकण्याची सावधगिरी राखावी लागत्ये.

रसायनाकर्षण.

या सृष्टीकडे पाहिलें असतां, पाषाण, उदक, वायु, वनस्पति, पशु, पक्षी, इत्यादि जे नानाविध पदार्थ आपल्या दृष्टीस पडतात ते ज्या द्रव्यांचे घडलेले आहेत त्यांचा शोध करूं गेलें असतां अंत लागावयाचा नाहीं, असें साधारण दृष्टीनें आपणास वाटतें; परंतु शास्त्रीय दृष्टीनें पाहिलें असतां, आपल्या बोलण्यांत अथवा लिहिण्यांत जे हजारो शब्द येतात त्यांची घडामोड जशी ५२ वर्णांत होत्ये तशी, या पृथ्वीवरील

63183

जितके पदार्थ मनुष्याच्या पाहण्यांत आले आहेत त्या सर्वांची घडामोड ५५* द्रव्यांत होत्ये, असें अनुभवास येतें. जो जो पदार्थ आपल्या दृष्टीस पडतो त्या त्या पदार्थाचें विवेचन करून पाहिलें असतां तो त्या ५५ द्रव्यांतील आहे अथवा त्यांपैकीं कितीएक द्रव्यांच्या संयोगविशेषापासून झालेला आहे असें प्रत्ययास येतें. त्या ५५ द्रव्यांस तत्वें असें ह्मणतात, कारण हीं दोन, तीन, अथवा अधिक द्रव्यें मिश्र होऊन झालेलीं नाहींत. यांपैकीं बहुतेक तत्वें निराळीं सांपडत नाहींत तीं अन्य तत्वांशीं संयुक्त झालेलीं सांपडतात. या तत्वरूपी पदार्थांच्या संयोगवियोगांनीं जी या सृष्टींत सदोदित एकसारखी घडामोड चालली आहे त्या घडामोडींमध्यें कितीएक संयोगवियोग स्वतः सृष्टिनियमांनींच घडत आहेत, व कित्येक मनुष्याच्या कल्पनाशक्तीच्यायोगानें घडले जाऊन त्याच्या प्रपंचादि सुखास साधक होत आहेत. या ५५ तत्वांपैकीं ६ ग्यासरूप आणि ४३ धातुरूप तत्वें आहेत, आणि बाकीच्या ६ चा एक नियमित वर्ग बांधितां येत नाहीं. या तत्वांचा संयोग होऊन मिश्रपदार्थ कसा बनतो, व मिश्रपदार्थांचें पृथक्करण कोणत्या रीतीनें घडतें, व याविषयीं नियम कसे कसे आहेत या सर्व गोष्टींचें विवेचन रसायनशास्त्रांत केलें आहे.

* आलीकडील शोधावरून हीं तत्वें ६२ आहेत असें सिद्ध झालें आहे.

रसायनाकर्षण हें रसायनशास्त्राचा मुख्य विषय होय. या आकर्षणाच्या योगानें भिन्न जातीच्या पदार्थांचे कण एकमेकांशीं संयुक्त होऊन त्यापासून एक वेगळ्याच जातीचा पदार्थ बनतो, आणि त्याचें मूळच्या पदार्थांपैकीं एक्याही पदार्थाशीं साधर्म्य ह्मणजे सारखेपणा राहत नाहीं. उ०— पाणी; हा पदार्थ आक्सिजन (प्राणवायु) आणि हैद्रोजन (जलोत्पादकवायु) या दोहोंच्या संयोगापासून होतो. आक्सिजनवायूच्या अंगीं दिवा, अग्नि, वगैरे पदार्थांस प्रदीप्त करण्याची शक्ति आहे आणि हैद्रोजनवायु हा ज्वालाग्राही ह्मणजे पेट घेणारा आहे. आतां हे दोन वायु एकत्र केले असतां त्यांमध्यें रसायनाकर्षणाचा व्यापार घडून जो उदकरूप पदार्थ उत्पन्न होतो त्याचें, आक्सिजन आणि हैद्रोजन या दोन घटकावयवांपैकीं एकाशींही, साम्य राहत नाहीं; ह्मणजे असें—आक्सिजनवायु हा ज्वलनोद्दीपक व हैद्रोजनवायु हा ज्वालाग्राही, आणि त्यांच्या संयोगापासून झालेलें जें उदक तें ज्वालेस विझविणारें. या उदाहरणावरून रसायनाकर्षणानें जो पदार्थ उत्पन्न होतो त्याचे गुणधर्म तद्‌घटक पदार्थांच्या गुणधर्मांहून अगदीं भिन्न असतात असें स्पष्ट दिसून येतें. ही गोष्ट सर्वांस माहीत आहे कीं, हळद आणि चुना हे दोन पदार्थ एकत्र केले असतां त्यांपासून एक तांबडा पदार्थ उत्पन्न होतो;

उत्पन्न होतो. पारा आणि गंधक हे दोन पदार्थ एकत्र करून उष्ण केले असतां त्यांमध्यें रसायनाकर्षणाचा व्यापार घडून हिंगूळ उत्पन्न होतो. याचे गुणधर्म, पारा आणि गंधक हे जे त्याचे घटकावयव त्यांच्या गुणधर्मांपेक्षां, अगदीं वेगळे आहेत, हें सर्वांच्या पाहण्यांत आहे.

हें आकर्षण सर्व पदार्थांच्या कणांमध्यें घडतें असें नाहीं. उदाहरण– पाणी आणि वाळू हीं जर एक्या शिशीमध्यें घालून कितीही हालविलीं तरीं त्यांमध्यें रसायनाकर्षणाचा व्यापार घडत नाहीं, त्यामुळें वाळू पाण्यांत मिळून नजातां तळीं जाऊन बसत्ये. याप्रमाणेंच पाणी आणि तेल यांमध्येंही रसायनाकर्षण घडत नाहीं ह्मणून तेल पाण्यांत नमिळतां त्यावर तरंगत राहतें.

रसायनाकर्षणाचा विचार करूंलागलें ह्मणजे पदार्थांच्या कणांमध्यें या आकर्षणाविषयीं आवड निवड आहे असें दिसून येतें. उदाहरण—गंधकाच्या अर्कांमध्यें जर संगमरवरी दगडाचा चूर करून घातला तर तो तत्काल त्याशीं संयुक्त होऊन त्यापासून अर्क व चूर यांहून अगदीं भिन्न असा एक पदार्थ बनतो. प-

रंतु कांच, सोनें, रुपें, यांचा चूर जर त्या अर्कांत टाकिला तर त्यांत तो मिळून जात नाहीं. यावरून कांच सोनें रुपें आणि गंधकाचा अर्क यांच्या कणांमध्यें जणु प्रीतिभावच नाहीं असें दिसून येतें-पाणी आणि तेल या पदार्थांची परस्पर मैत्री नाहीं असें वर लिहिलें, परंतु पोट्याश ह्मणून जो क्षार आहे त्याचें दोहोंशींही सख्य आहे याजकरितां पाणी आणि तेल यांमध्यें तो घातला असतां तिघेही एकत्र मिळतात आणि त्या संयोगापासून साबण हा पदार्थ उत्पन्न होतो.

या आवडनिवडीमध्यें दुसरा असा एक प्रकार आहे कीं, रसायनाकर्षणाच्यायोगानें दोन पदार्थ संयुक्त करून त्या संयोगांत जर तिसरा पदार्थ टाकिला तर त्याची पहिल्या दोन पदार्थांपैकीं ज्यावर आवड असत्ये त्याशीं तो मिळून दुसऱ्या पदार्थास बाहेर हाकलून देतो. उ०—साबण; हा पदार्थ पाणी, तेल आणि पोट्याश या नावाचा क्षार या तीन पदार्थांच्या संयोगापासून होतो असें वर लिहिलेंच आहे. आतां हा जर गंधकाच्या अर्कांत घातला तर ह्यांतील पोट्याश तेलास सोडून देऊन अर्काशीं जाऊन मिळतो आणि त्यांच्या संयोगापासून एक नवीनच पदार्थ उत्पन्न होतो, यावरून पोट्याशाची तेलाबराबर जी मैत्री, तिच्यापेक्षां अर्काशीं अधिक मैत्री आहे असें दिसून ये-

तें. अशा प्रकारच्या आवडनिवडीमुळें नानाप्रकारचे मिश्रपदार्थ उत्पन्न होतात.

भिन्न जातीच्या पदार्थांचें रसायनाकर्षणाच्या योगानें जें एकीकरण होतें त्यास **रसायनसंयोग** असें ह्मणतात. किती एक पदार्थ असे आहेत कीं ते एकत्र केले असतां त्यांत रसायनाकर्षणाचा व्यापार घडून रसायनसंयोग होत नाहीं तर त्यांचें मिश्रण मात्र होतें. उदाहरण— एक मोरचुताचा खडा एक्या दोरीस बांधून पाण्यांत लोंबत ठेविला असतां तो विरघळून त्याचे कण पाण्याच्या कणांशीं अगदीं मिळून जाऊन तें सुंदर निळ्या रंगाचें होतें. अशा मिश्रणास **विक्लेदन** असें ह्मणतात. मीठ, साखर हे पदार्थ पाण्यांत घातले असतां त्यांचें विक्लेदन होऊन ते पाण्याशीं अगदीं मिळून जातात, परंतु त्यांचा रसायनसंयोग होत नाहीं.

लोहचुंबकाकर्षकत्व.

किती एक लोखंडाचे दगड असे सांपडतात कीं त्यांतला एक लांबोडा तुकडा दोरीस बांधून जर लोंबत ठेविला तर त्याचें एक टोंक उत्तरेकडे आणि दुसरें दक्षिणेकडे असें होतें; आणि तो तुकडा कसाही जरीं फिरविला तरीं प्रथम जें टोंक उत्तरेकडे असतें तेंच टोंक सदोदित त्या दिशेकडे वळतें. अशा तुक-

ड्याजवळ दुसरा लोखंडाचा तुकडा आणिला असतां त्यास तो ओढून घेतो ह्मणून अशा जातीच्या तुकड्यास **लोहचुंबक** असें ह्मणतात आणि त्यांमध्यें जें आकर्षण घडतें त्यास **लोहचुंबकाकर्षण** असें ह्मणतात. लोहचुंबकाशीं लोखंडाचा अथवा पोलादाचा तुकडा घांसला असतां त्यामध्येंही लोहचुंबकाचे गुण येऊन त्याचा प्रतिलोहचुंबक बनतो; ह्मणजे त्याचें एक नियमित टोंक उत्तरेकडे होतें आणि तो दुसऱ्या लोखंडी तुकड्यास आपल्याकडे ओढितो. असा कृतीनें केलेला जो लोहचुंबक त्यास **कृत्रिम लोहचुंबक** असें ह्मणतात. लोहचुंबकामध्यें उत्तर दिशेकडे वळण्याचा जो गुण आहे त्यावरून त्याचा होकायंत्रामध्यें उपयोग करितात. होक्याचा उपयोग जलपर्यटन करणाऱ्या लोकांस समुद्रांतून तारवें चालविण्यास फार पडतो ही गोष्ट सर्वांस माहीतच आहे.

लोहचुंबकामध्यें असा एक चमत्कारिक गुण आढळतो कीं त्याची आकर्षणशक्ति त्याच्या दोहोंकडच्या समोरासमोरील टोंकांजवळ मधील भागापेक्षां अधिक असत्ये आणि त्या दोहों टोंकांचे आकर्षण शक्तीचा व्यापार परस्पर विरुद्ध असतो; आणि याकरितांच त्यांतील एक्या टोंकास **धनध्रुव** आणि दुसऱ्या टोंकास **ऋणध्रुव** असें ह्मणतात. जर दोन लो-

हचुंबक एकमेकांजवळ आणिले तर त्यांचे समानजाति ध्रुव ह्मणजे सरूप टोंकें एकमेकांस लोटितात आणि भिन्नजाति ध्रुव ह्मणजे विरूप टोंकें एकमेकांस ओढितात.

विद्युदाकर्षण.

विद्युत् ह्मणून एक द्रव्य आहे. याच्या स्वरूपाचा अद्यापकालपर्यंत बरोबर थांग लागला नाहीं, परंतु सृष्टींतील पदार्थमात्रामध्यें याची व्याप्ति आहे एवढें मात्र अनुमान झालें आहे. हें आपल्या साधारण स्थितींत असतां दृष्टिगोचर होत नाहीं, परंतु तें घर्षणादिकांच्या योगानें उद्भूत होऊन जेव्हां इतर पदार्थांत जाऊं लागतें तेव्हां तें ठिणग्यांच्या स्वरूपानें दिसतें; आणि वातावरणामध्यें तर तें विजेच्या रूपानें बाहेर पडतें.

कांचेची नळी अथवा लाखेची कांडी कोरड्या हातानें अथवा रेशमी फडक्यानें घांसून जर सूत अथवा केंस अशा हलक्या पदार्थांजवळ आणिली तर ती त्या पदार्थांस आपल्याकडे ओढून घेत्ये आणि तो पदार्थ क्षणभर तीस चिकटून राहतो. ज्या शक्तीच्या योगानें ती नळी अथवा कांडी त्या हलक्या पदार्थांस

आपल्याकडे ओढून घेत्ये त्या शक्तीस **विद्युदाकर्षकत्व** असें ह्मणतात. ते हलके पदार्थ नळीस क्षणभर चिकटून राहून लागलेच तींपासून पलीकडे झोंकले जातात, यास **विद्युदपसरण** असें ह्मणतात.

विद्युतेच्या अंगीं असा एक चमत्कारिक धर्म आहे कीं, ती नेहेमीं सर्व पदार्थांत सारख्या मानानें राहत्ये. याकरितां जर एकाद्या पदार्थांत दुसऱ्या जवळच्या पदार्थापेक्षां विद्युत् अधिक असली तर एकांतील कांहीं विद्युत् दुसऱ्यांत शिरून ती दोहोंमध्यें समसमान होत्ये; आणि याचकारणामुळें गडगडाट व वीज हीं उत्पन्न होतात. वातावरणांतील मेघांमध्यें अथवा वातावरण आणि जमीन यांमध्यें जी विद्युत् असत्ये तिच्या समानतेमध्यें मुख्यत्वेंकरून उष्णकाळांत फेर पडतो. जेव्हां एक्या मेघांत जवळील दुसऱ्या मेघापेक्षां विद्युत् अधिक होत्ये तेव्हां ज्यांत अधिक असत्ये त्यांतील ज्यांत उणी असत्ये त्याकडे जाऊं लागली ह्मणजे ती इतक्या जोरानें जात्ये कीं त्यापासून जो गडगडाट होतो तेणेंकरून कानठळ्या अगदीं बसून जातात.

पदार्थांतील अभिसारक शक्ति-उष्णता.

आकर्षणाच्यायोगानें पदार्थांतील कण एकत्र जमून जसे संकुचित होतात तसे उष्णता ह्मणून जें

सर्वव्यापक द्रव्य आहे त्याच्यायोगानें पदार्थांचे कण एकमेकांपासून दूर होऊन ते पसरले जातात.

उष्णता सर्व पदार्थांत असत्ये परंतु कित्येकांत अधिक असत्ये व कित्येकांत कमी असत्ये. ज्या वस्तु आपणास गार लागतात त्यांत उष्णतेचें मान कमी असतें. बर्फामध्ये देखील उष्णता आहे असें समजतें; वस्तुतः पाहिलें असतां या सृष्टींत थंडी ह्मणून कांहीं स्वतंत्र पदार्थ नाहीं.

या सर्वव्यापक द्रव्याच्या वास्तव स्वरूपाचें अद्याप कालपर्यंत यथास्थित ज्ञान झालें नाहीं, परंतु यापासून जीं कार्यें होतात त्यांवरून ह्याचें आपणास ज्ञान होतें. कित्येक अशी कल्पना करितात कीं, उष्णता हें प्रवाही द्रव्य आहे, आणि कित्येक असें मानितात कीं, पदार्थांत जी विद्युत् असत्ये तिच्या व्यापारापासून उष्णतारूप धर्म उत्पन्न होतो. पदार्थांत उष्णता अधिकउणी झाली असतां त्याच्या वजनांत फेर पडलेला कोठे अनुभवास येत नाहीं, ह्मणून उष्णतेचा अगुरु पदार्थांत संग्रह करितात. प्रकाश, विद्युत् आणि लोहचुंबकशक्ति यांसही अगुरुच ह्मणतात.

बर्फ, धोंडा, लांकूड, इत्यादि पदार्थांत उष्णता असून ती घर्षणादि व्यापारांनीं उद्भूत केल्याशिवाय आ-

पल्या अनुभवास येत नाहीं ह्मणून तीस अनुद्भूत उष्णता असें ह्मणतात; परंतु ते पदार्थ एकमेकांवर घांसले असतां त्यांतील अनुद्भूत उष्णता आपल्या प्रत्ययास येत्ये. एक धातूची लहानशी चकती घेऊन ती जर पाटावर घांसली तर ती तत्काल हातांत नधरवे इतकी तापत्ये. याप्रमाणेंच ओंगण नकेलें असतां गाडीच्या चाकाचा कणा घर्षणाच्यायोगानें फार तापून जातो. अशा प्रकारें अतिशय उष्णता उत्पन्न झाली ह्मणजे तिचाच अग्नि होतो. गाडीच्या चाकांस ओंगण नकरितां ती जर पुष्कळ वेळ चालू ठेविली तर चाक व कणा यांच्या घर्षणापासून इतकी उष्णता उत्पन्न होत्ये कीं, कदाचित् तीं दोनहीं पेट घेतात. घर्षणापासून अग्नि पडतो ही गोष्ट रानटी लोकांस चांगली माहीत असत्ये, ह्मणून ते विस्तव पाडावयाचा झाला असतां तो लांकडावर लांकूड घांसून घांसून पाडतात. रानामध्यें झाडांवर झाडें घांसून वणवा लागतो. दोन गारगोट्या अथवा एक गारगोटी आणि दुसरा पोलादाचा तुकडा हीं जर एकमेकांवर ठोकलीं तर विस्तवाच्या ठिणग्या पडतात आणि गारगोट्या आणि पोलाद यांच्या चकमकी व बंदुकीचे चाप करितात ही गोष्ट सर्वांस माहित आहे. लोखंडाचा एक थंड तुकडा घेऊन त्यास जर हातवड्यानें खूब एकसारिखें ठोकिलें तर तो इतका तापतो कीं तेणें-

त्पन्न होतो.

अशा नानाप्रकारच्या साधनांनीं उष्णता उत्पन्न होत्ये, यावरून असें अनुमान होतें कीं, उष्णता हरएक पदार्थांच्या कणांमध्यें मिसळून राहिलेली आहे, आणि तिच्या योगानेंच ते कण एकमेकांपासून दूर दूर राहून पदार्थ प्रसृत झालेले आहेत. स्पंज ह्मणून एक सच्छिद्र पदार्थ आहे, तो पिळला असतां त्यांतील उदकांश जसा बाहेर पडतो तशीच पदार्थांचे कण ठोकले अथवा घांसले असतां त्यांतील उष्णता बाहेर पडत्ये आणि मग ती अर्थातच आपल्या प्रत्ययास येत्ये. आतां उष्णतेच्या अंगीं जे धर्म आहेत त्यांचें व्याख्यान करितों.

उष्णतेची प्रसारकशक्ति– पदार्थप्रसरण.

वर असें सांगितलें कीं, उष्णतेच्या योगानें प्रकृत्यंश एकमेकांपासून दूर दूर होऊन पदार्थ प्रसृत होतात, हा जो उष्णतेच्या अंगीं पदार्थास प्रसृत करण्याचा गुण आहे तेणेंकरून तिचा व्यवहारांत फार उपयोग पडतो; कारण उष्णता आपल्या प्रसारक शक्तीच्या योगानें आकर्षणशक्तीचा

व्यापार तादृश चालूं देत नाहीं. आकर्षणशक्तीचा इतका सपाटा आहे कीं, जर तिच्या विरुद्ध उष्णतेच्या प्रसारक शक्तीचा व्यापार नसता तर तिच्यायोगानें सर्व पदार्थ अगदीं एके ठिकाणीं जमून जाऊन या पृथ्वीवर हवा, पाणी, वनस्पति व जीवजंतु हीं कांहीं नराहतां या सर्वांचा एक अप्रवाही निर्जीव गोळा बनून गेला असता, आणि या भूगोलाची सांप्रत जेवढी आकृति आहे तेवढी नराहतां ती फारच लहान होऊन गेली असती.

उष्णतेच्यायोगानें पदार्थांचें रूपांतर.

उष्णता सर्व पदार्थांस न्यूनाधिक मानानें व्यापून राहल्ये यामुळें आकर्षणशक्तीचा व्यापार अधिकउणा घडून पदार्थांच्या दार्ढ्यांत फेरफार पडतो. आकर्षणशक्ति आणि उष्णतेची प्रसारकशक्ति या दोहोंच्या व्यापारापासून या सृष्टींत भिन्न भिन्न स्वरूपाचे पदार्थ दृष्टीस पडतात. ज्या प्रकृत्यंशांत उष्णतेचा अंश कमी त्यांत आकर्षणशक्तीचा व्यापार अधिक घडून ते एकमेकांशीं अगदीं घट्ट जमून जातात आणि त्यांचे दगड, लांकूड, यांसारखे भरींव व कठीण असे अप्रवाही पदार्थ बनतात; व ज्या कणांत उष्णता अधिक असल्ये त्यांत आकर्षणाचा व्यापार कमी घडून ते एके ठिकाणीं घट्ट जमत नाहींत ह्मणून त्यांचे पा-

त्यासारखे प्रवाही पदार्थ बनतात; आणि ज्या कणांत फारच उष्णता असल्ये त्यांत आकर्षणाचा व्यापार फारच थोडा घडतो तेणेंकरून ते कण अगदीं विरळ राहून त्यांचे हवेसारखे वायुरूप पदार्थ बनतात. अशा प्रकारें उष्णतेच्या न्यूनाधिक मानानें एक्याच पदार्थास हीं तिन्हीं रूपें प्राप्त होतात. उ०— पाणी; याचें मूळचें रूप पाहिलें असतां प्रवाही आहे, परंतु यांतील उष्णता काढून टाकिली ह्मणजे याचें बर्फ होतें; या ठिकाणीं पाण्याचें मूळचें प्रवाहिरूप जाऊन त्यास अप्रवाहिरूप प्राप्त होतें. आतां पाण्यास खूब उष्णता लावून जर कढविलें तर त्याची वाफ होत्ये; या ठिकाणीं पाण्याचें प्रवाहिरूप जाऊन त्यास वायुरूप प्राप्त होतें. यावरून अप्रवाही, प्रवाही आणि वायुरूप अशीं पदार्थांचीं तीन स्वरूपें जीं आपल्या दृष्टीस पडतात तीं उष्णतेच्या न्यूनाधिक मानानेंच झालीं आहेत असें स्पष्ट दिसून येतें.

उष्णतेची वाहकता.

ही गोष्ट सर्वांस माहीत आहे कीं, लोखंडी पळी विस्तवांत घातली असतां कांहीं वेळानें तिचें बाहेरील शेवट हातांत धरवत नाहीं इतकें तापतें. याचे कारणाचा विचार करूं लागलें असतां असें सम-

जून येतें कीं, पळीचा जो भाग विस्तवांत असतो त्या भागापासून दुसऱ्या भागापर्यंत उष्णता वाहत येत्ये. अशी जी उष्णतेच्या अंगीं पदार्थांच्या कणांतून वाहत जाण्याची शक्ति आहे तीसच वाहकता असें ह्मणतात, आणि हिच्याचयोगानें उष्णता चोहींकडे पसरत्ये. दुसरी अशी एक गोष्ट आपल्या प्रत्ययास येत्ये कीं, लोखंडी पळीचा विस्तवाच्या बाहेरचा भाग जितका लवकर तापतो तितका लांकडाचा तापत नाहीं; यावरून सर्व पदार्थ उष्णतेचे एकसारखे वाहक आहेत असें नाहीं, तर कितीएक शीघ्रवाहक व कितीएक मंदवाहक आहेत असें दिसून येतें. वाहकतेचा साधारण नियम असा आहे कीं, अप्रवाही पदार्थ सर्वांमध्यें अधिक उष्णवाहक असतात, त्यांच्या खालीं प्रवाही, आणि त्यांच्या खालीं वायुरूप; अप्रवाही पदार्थांतही सोनें, रुपें, तांबें, इत्यादि धातूंची उत्तम प्रत, कांचा, विटा, दगड, इत्यादिकांची मध्यम प्रत, आणि कोळसे, लोंकर, इत्यादि जे फार सच्छिद्र पदार्थ आहेत त्यांची कनिष्ठ प्रत.

लोंकरीसारखे जे उष्णतेचे मंदवाहक पदार्थ आहेत त्यांचींच बहुतकरून थंडीच्या दिवसांत पांघरण्याचीं वस्त्रें करितात, कारण त्यांच्यामुळें शरीरांतील उष्णता बाहेरच्या हवेंत त्वरेनें जात नाहीं. भट्टींत उष्णता फार उत्पन्न करावी लागत्ये याजक-

रितांच ज्या विटांस पुष्कळ बारीक बारीक भोंकें असतात तसल्या विटा भट्टीस लावितात, कारण त्य मंदवाहक असल्यामुळें भट्टींतील उष्णता लवकर बाहेर जात नाहीं.

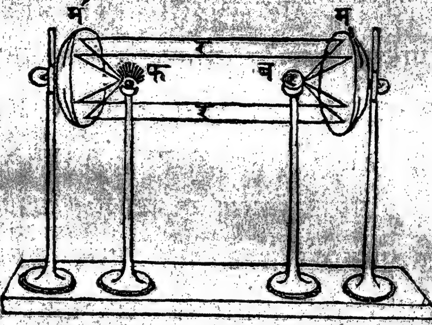
उष्णतेचें किरणप्रसरण.

वाहकतेच्यायोगानें जशी उष्णता चोहींकडे प सरत्ये तशी ती तिचे किरण चोहींकडे फांकूनही प- सरत्ये. पुष्कळ निखाऱ्यांनीं एक शेगडी भरून ति- च्या सभोंवार हात हात अंतरावर जरीं आपण ब- सलों तरीं आपलें अंग व आपल्या अंगावरील पांघ- रुणें तापतात, कारण शेगडींतील अग्नीचे किरण आप- ल्या अंगांत व अंगावरील पांघरुणांत शिरून त्यां- स उष्ण करितात. याप्रमाणेंच सूर्यापासून जी उष्णता येत्ये तीही पदार्थांत शिरून त्यांस ता- पवित्ये. परंतु ही गोष्ट सर्वांस ठाऊक आहे कीं, कितीएक पदार्थ उन्हांत अथवा विस्तवाजवळ ठेविले असतां लवकर तापतात व कित्येक उशिरां तापतात; याचें कारण हेंच कीं, कांहीं पदार्थांत उष्णतेचे कि- रण शोषून घेण्याची शक्ति विशेष असत्ये व कांहीं मध्यें कमी असत्ये. जे पदार्थ खरबरीत असतात ते उष्णतेच्या किरणांस फार शोषुन घेतात, आणि जे

या परावर्तनाचा नियम प्रकाश किरणांच्या परावर्तनाच्या नियमाप्रमाणेंच आहे; ह्मणजे जर किरण पदार्थावर लंबरेषेंत पडले तर लंबरेषेंतच त्यांचें परावर्तन होतें, परंतु जर तिर्कस पडले तर तो तिर्कसपणा जितक्या मानाचा असतो तितक्याच तिर्कसपणाच्या मानानें ते समोरच्या दिशेस परावृत्त होतात. या नियमाविषयीं शास्त्रीय भाषेनें असें बोलतात कीं, **पतनकोन आणि परावर्तनकोन हे सारखे असतात.** कढईसारखा खोलगट आरसा घेऊन तो सूर्याकडे धरला असतां त्यावर जे सूर्याचे किरण पडतात ते परावर्तन पावून त्या आरशासमोर थोड्या अंतरावर एकत्र जमतात, आणि त्याठिकाणीं एक पांढरा बिंदु उत्पन्न होतो, त्या बिंदूस केंद्र असें ह्मणतात. या ठिकाणीं दारू अथवा गोंवरीचा चूर ठेविला असतां तो पेट घेतो. सूर्याच्या किरणांप्रमाणेंच लाल तापलेल्या लोखंडी गोळ्यापासून जे किरण निघतात त्यांचेंही गुळगुळीत पदार्थांपासून परावर्तन होतें, ही गोष्ट पुढील उदाहरणावरून चांगली समजेल. खालील आकृतींत म, मं, हे दोन चकचकीत धातुमय गोलांतर ह्मणजे कढईसारखे खोलगट आरसे आहेत. यांपैकीं म आरशाच्या केंद्रांत एक लोखंडाचा लाल तापलेला ब गोळा ठेविला असतां त्यांती-

गोलांतर आरसा आहे त्याजवर पडून त्यापासून परावर्तन पावतात, आणि ते फ बिंदूवर एकत्र जमून तेथें उष्णमापक अथवा लवकर पेट घेणारा एकादा पदार्थ ठेविला असतां त्यावर त्यांचें कार्य दृष्टोत्पत्तीस येतें; ह्मणजे उष्णमापक असल्यास त्यांतील पारा वर चढतो आणि लवकर पेटणारा पदार्थ असल्यास तो पेट घेतो. यावरून ही गोष्ट प्रत्ययास येत्ये कीं, उष्णता ज्या स्थलापासून निघत्ये त्या स्थलापासून फार अंतरावरील पदार्थांस देखील पेटवितां येतें.

आकृति ६.



उष्णतेची उत्पत्ति.

ठोकणें व घांसणें यांपासून उष्णता उत्पन्न करितां येत्ये ह्मणून वर सांगितलें, त्याप्रमाणेंच लांकूड,

कोळसे, वगैरे जे ज्वालाग्राही पदार्थ आहेत ते जळूं लागले ह्मणजे त्यांपासूनही उष्णता उत्पन्न होत्ये, आणि पाकनिष्पत्तीसारखीं व्यवहारांत जीं पुष्कळ उपयोगी कृत्यें आहेत तीं करितां येतात. वास्तविक पाहतां उष्णतेचा मुख्य भरणा ह्मटला ह्मणजे सूर्यापासून होतो, परंतु त्या तेज:पुंज दिव्य गोलकाचें स्वरूप अग्नि अथवा लोखंडाचा लाल केलेला गोळा यांच्या सारखें असून त्यांच्या प्रमाणेंच त्यांतून उष्णता निघत्ये अथवा दुसऱ्या कांहीं आपणास अज्ञात अशा प्रकारानें निघत्ये हीं गोष्टमात्र अद्याप संशयात्मक आहे.

सूर्याचे किरण व पदार्थाचें घर्षण आणि ज्वलन यां पासून जशी उष्णता उत्पन्न होत्ये तशीच ती रसायनव्यापारापासूनही उत्पन्न होत्ये. याचें उदाहरण पदार्थ आंबत किंवा कुजत असतां चांगलें दृष्टीस पडतें. प्राणिमात्राच्या शरीरांत जी उष्णता असत्ये ती बहुश: त्यांच्या शरीरांत जें रुधिराभिसरण चाललेलें असतें त्याच्या संबंधानें स्वाभाविक रसायनव्यापार घडून उत्पन्न होत्ये. हीं गोष्ट सर्वांसमाहीत आहे कीं रुधिराभिसरणाचा व्यापार जर बंद पडला तर जीवांच्या शरीरांतील उष्णता नाहींशी होऊन ते थंड गार पडतात; आणि जर रुधिराभिसरणाचा व्यापार नियमित मानापेक्षां अधिक घडला अथवा अवयवांचें जोरानें चलनवलन झालें, अथवा

त्यांचे घर्षण किंवा मर्दन झालें तर त्यापासूनही उष्णतेची उत्पत्ति होत्ये. ही जी उष्णता उत्पन्न होत्ये ती बहुतेक ते ते भाग तात्कालिक दाबले गेल्यामुळें उत्पन्न होत्ये असें मानितात. चुन्याच्या कळ्यांवर पाणी घातलें असतां जी उष्णता उत्पन्न होत्ये ती ही रसायनव्यापारानेंच होत्ये. या सर्व वरील लिहिण्यावरून सूर्य, घर्षण, ज्वलन आणि रसायनव्यापार अशीं चार उष्णतेचीं उत्पत्तिस्थानें आहेत असें समजावें.

उष्णतेची सर्वत्र व्यापकता.

या भूगोलावर उष्णता नाहीं असें एकही स्थल नाहीं, परंतु ती सर्वत्र सारख्याच मानाची असत्ये असा नियम नाहीं. विषुववृत्त आणि त्या जवळील प्रदेश या ठिकाणीं उष्णता पुष्कळ असत्ये, कारण तेथें सूर्याचे किरण थेट समूर पडतात; आणि ध्रुवाजवळील पृथ्वीच्या प्रदेशांवर उष्णता फार थोडी असत्ये, कारण तेथें सूर्याचे किरण अगदीं तिर्कस पडतात. हवेंत जसेंजसें आपण उंच जावें तशीतशी ती थंड अनुभवास येत्ये. आणि धवलगिरी सारखीं पर्वतांचीं अतिशय उंच शिखरेंतर नेहेमीं बर्फानें वेष्टिलेलीं असतात. जमीनीच्या पोटांत जसेंजसें जावें तशीतशी उष्णता अधिकाधिक अनुभवास येत्ये. यावरून पृथ्वीच्या

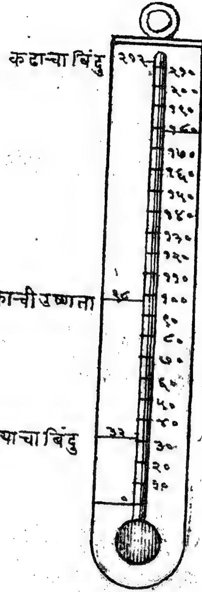
गर्भांत उष्णतेचें मान पराकाष्ठेचें असावें असें अनुमान होतें. पृथ्वीपृष्ठावर जे मोठे मोठे सागर पसरले आहेत त्यांच्या योगानें त्यांजवळील प्रदेशांत शीत आणि उष्ण यांचें मान नेमस्त राहतें, परंतु ज्या ठिकाणीं जमीनीचेच मोठे मोठे विस्तीर्ण प्रदेश असतात त्या ठिकाणीं शीतोष्णांचीं मानें नेमस्त राहत नाहींत.

उष्णमान–उष्णमापक यंत्र.

वरील लिहिण्यावरून असें सिद्ध झालें कीं, पृथ्वीवर उष्णतेचें मान सर्वत्र एकसारखें नसतें, कोठें अधिक व कोठें कमी असें असतें. अशा न्यूनाधिक उष्णतेचें वास्तव मान कळण्याकरितां जें यंत्र केलेलें असतें त्यास उष्णमापक असें ह्मणतात. या यंत्रांत एक कांचेची नळी असत्ये, आणि तिचा खालचा भाग बहुतकरून गोलाकृति असून त्यांत पारा भरलेला असतो, आणि तो उष्णतेच्या अधिक उण्या मानाप्रमाणें किती चढतो व उतरतो हें दाखविण्याकरितां त्या नळीस भाग पाडलेली अशी एक मानपट्टी जोडलेली असत्ये. उष्णमापक आणि भारमापक यांमध्यें इतकाच भेद आहे कीं, भारमापकांतील पाऱ्यास वायूचा स्पर्श होत असतो आणि उष्णमापकांत पाऱ्यास वायूचा स्पर्श नहोई असा तो नळीच्या गोलभागांत ठेवले-

ला असतो. हवेंतील उष्णता उष्णमापकांतील पाऱ्यास लागली ह्मणजे तो प्रसृत होऊन वर चढतो आणि त्या मानपट्टीवर जे अंश घातलेले असतात त्यांवरून हवेंत अमुक अंश उष्णता आहे असें समजतें.

आकृति ७



साधारण उष्णमापकांतील मानपट्टीवर जे भाग असतात ते खालीं लिहिल्याप्रमाणें. पोकळ गोलभागाजवळ शून्य असतें, आणि तेथून वर २१२ पर्यंत अंश घातलेले असतात. ३२ अंश उष्णता झाली ह्मणजे पाणी थिजूं लागतें याकरितां बत्तिसाव्या अंशाजवळ थिजण्याचा बिंदु अशीं अक्षरें मांडलेलीं असतात. आणि २१२ अंश उष्णता झाली ह्मणजे पाण्यास कढ येऊं लागतो याकरितां तितक्या अंशांवर कढाचा बिंदु अशीं अक्षरें मांडलेलीं असतात. आपल्या अंगांतील रक्ताची उष्णता सरासरीनें पाहतां ९८ अंश असत्ये ह्मणून ९८ अंशांवर रक्ताची उष्णता असें लिहितात. हा उष्णमापकाचे भाग करण्याचा प्रकार फारेन्हाइट ह्मणून एक विलायतेंत

पुरुष होता त्यानें कल्पिला याकरितां वरील रीतीप्रमाणें विभागिलेल्या उष्णमापकास **फारेन्हाइटचें उष्णमापक** असें ह्मणतात.

फ्रान्स आणि जर्मनी या देशांत वरील रीतीप्रमाणें उष्णमापकाचे भाग करीत नाहींत. फ्रान्सदेशांत शून्यस्थलीं थिजण्याचा बिंदु आणि १०० अंशांवर कढाचा बिंदु घालून मध्यें १०० भाग मानितात; आणि जर्मनीदेशांत थिजण्याचा बिंदु शून्यस्थलीं आणि कढाचा ८० अंशांवर घालून मध्यें ८० भाग मानितात.

उष्णतेच्या प्रसारकशक्तीचें उदाहरण उष्णमापकांत फार चांगलें दृष्टीस पडतें. हें यंत्र जर ऊन पाण्यांत बुडविलें तर त्यांतील पारा पाण्याच्या उष्णतेनें लागलाच प्रसृत होऊन वर चढतो आणि थंड पाण्यांत बुडविलें असतां तो थंडीच्या योगानें तत्काळ आकुंचित होऊन खालीं उतरतो. साधारण अनुभवावरून पाहिलें असतां उष्णतेच्या प्रसारकशक्तीचीं उदाहरणें व्यवहारांत पुष्कळ आढळतात. एक लोखंडाचा तुकडा घेऊन तो तापविला असतां पहिल्यापेक्षां त्याची लांबीरुंदी अधिक वाढत्ये. ही गोष्ट सर्वांस ठाऊक आहे कीं, गाडीच्या चाकाची धांव खूब तापविली ह्मणजे चाकावर अघळपघळ बसे इतकी वाढत्ये आणि तिजवर पाणी ओतलें ह्मणजे लागलीच आकु-

सून चाकास गच्च आंवळून बसत्ये. हवा ३२° पासून २१२° पर्यंत उष्ण केली असतां ती आपल्या पूर्वीच्या आकारपरिमाणाच्या $\frac{३}{८}$ इतकी वाढत्ये, पाणीं $\frac{१}{२२}$ वाढतें, आल्कोहोल $\frac{१}{९}$ वाढतो, आणि हातवड्यानें ठोकिलेलें लोखंड $\frac{१}{२७३}$ वाढतें.

उष्णतेच्या अभिसारकशक्तीचा जोर— पाण्याचें कढणें.

बंदुकीची दारू पेटविली असतां जो धाडकन आवाज होतो त्यांत उष्णतेच्या अभिसारकशक्तीच्या जोराचें उदाहरण चांगल्या प्रकारें दृष्टीस पडतें. जेव्हां सुरुंग लावितात तेव्हां दारूचे कण पेटून त्यांच्या अंगीं वायुरूपता आली ह्मणजे ते इतक्या जोरानें एकमेकांस दूर लोटीत असतात कीं तेणेंकरून खडकच्या खडक निखळतो आणि बंदुकीची गोळीतर कित्येक मैलांवर जाऊन पडत्ये.

पाणीं कढविते वेळेसही उष्णतेची अभिसारकशक्ति चांगली दृष्टीस पडत्ये. पाण्यानें भरलेलें भांडें चुलीवर ठेवून खालीं जाळ लाविला ह्मणजे पाणीं तापावयास आरंभ होतो. त्यांत असा व्यापार घडतो कीं भांड्याचें बूड तापलें ह्मणजे बुडाशीं लागलेले जे पाण्या-

चे कण असतात ते उष्णतेच्यायोगानें प्रसरण पावून हलके होतात, आणि ते हलकेपणाच्या योगानें पाण्याच्या वरल्या भागाकडे चालू झाले ह्मणजे त्यांवरील त्यांच्यापेक्षां जे थंड व घट्ट जलकण असतात ते बुडीं येतात आणि ते उष्ण झाले ह्मणजे पहिल्याप्रमाणेंच वर निघून जातात. असा व्यापार सगळें पाणीं एकसारखें कढत होई तोंपर्यंत चाललेला असतो. उष्णमापकांतील पारा २१२ अंश चढला ह्मणजे पाण्यास कढ येतो असें वर सांगितलेंच आहे, आणि एकदां कढ आला ह्मणजे मग कितीही उष्णता पाण्यास लावली तरीं तें अधिक नतापतां त्याची वाफ होऊन जात्ये, कारण जितकी जितकी अधिक उष्णता लावावी तितकी तितकी ती पाण्याची वाफ करण्यांत खर्च होत्ये. याकरितां कढ आल्यावरही अधिक पाणीं तापावें ह्मणून त्याखालीं जाळ लावल्यास पाणीं अधिक नतापतां सर्पणमात्र व्यर्थ नासून जातें.

२१२ अंश उष्णता झाली ह्मणजे पाण्यास कढ येतो असें वर सांगितलें परंतु वातावरणाचा पूर्ण भार जर पाण्यावर असला तर कढ येण्यास तितकी उष्णता लागत्ये नसल्यास तितकी लागत नाहीं. वाताकर्षक यंत्राच्यायोगानें पाण्यावरील वायूचा भार काढून टाकिला असतां त्यास २१२ पेक्षां पुष्कळ कमी अंशांवर कढ येतो. याप्रमाणेंच उंच पर्वतावर गेलें असतां

र्वताच्या फार उंच शिखरावर १८७ अंशांवर पाणीं कढूं लागतें; ह्मणजे साधारण कढाच्या बिंदूपेक्षां २५ अंश कमी इतक्या अंशांवर उष्णमापकांत पारा असला ह्मणजे पाण्यास कढ येतो. या शिखरास मौंट ब्लांक असें ह्मणतात आणि त्याची उंची समुद्रसपाटीपासून १५७३२ फुटी आहे.

वातावरणाचा दाब कमी असतां पाणीं थोडक्या उष्णतेनें कढास येतें ही गोष्ट पुढील चमत्कारिक व मनोरंजक प्रयोगावरून चांगली समजेल. एक्या पातळ कांचेच्या शिशींत पाणीं घालून त्या पाण्यास कढ येईपर्यंत तिला दिव्यावर धरावें ह्मणजे त्या शिशींतील रिकाम्या जाग्यांतली हवा पाण्यांतुन जी वाफ निघत्ये तिच्या योगानें बहुतेक बाहेर निघून जाऊन ती जागा वाफेनें भरून राहत्ये. मग मोठ्या युक्तीनें तिच्या तोंडास गुडदी बसवून ती दिव्यावरून एकीकडे काढून ठेवावी ह्मणजे तींतील पाणीं कढेनासें होतें. नंतर ती थंड होऊं लागली ह्मणजे तींमध्यें जी वाफ उत्पन्न झालेली असत्ये ती संकुचित होत्ये आणि गुडदीच्या योगानें बाहेरील हवेसही आंत येण्यास मार्ग सांपडत नाहीं, त्यामुळें शिशींत थोडेसें

निर्वात स्थल उत्पन्न होतें आणि तेणेंकरून वातावरणाचा दाब थोडासा कमी होऊन पाण्यास पुनः उकळ्या फुटूं लागतात; आणि जर त्या शिशीवर थंड पाणी ओतलें तर तींतील वाफ विशेष संकुचित होऊन अधिक शून्यावकाश उत्पन्न होतो आणि तेणेंकरून त्या उकळ्यांचा जोर विशेषच होतो. आतां अशा स्थितींत जर त्या शिशीवर कढत पाणी ओतिलें तर तींतील वाफ पुनः पसरत्ये आणि प्रथम शून्यावकाश उत्पन्न झाल्यामुळें जो दाब दूर झालेला असतो तो पुनः पडून पाण्यास उकळ्या फुटण्याचें बंद होतें, परंतु तीवर पुनः थंड पाणी ओतिलें असतां पाण्यास पुनः उकळ्या फुटूं लागतात. यावरून भार कमी केला असतां जशी कमी उष्णतेनें वाफ होत्ये तशी भार अधिक घातला असतां वाफ करण्यास अधिक उष्णता लागत्ये हें चांगलें समजुतीस येतें.

वाफ होण्याचा बिंदु—वाफ.

पाण्याची वाफ होण्यास २१२ अंश उष्णता लागत्ये ह्मणून वर लिहिलें, परंतु पाण्यासारखे जे दुसरे प्रवाही पदार्थ आहेत त्यांची वाफ होण्यास ह्मणजे तितकीच उष्णता लागत्ये असें नाहीं. भिन्न भिन्न पदार्थांची वाफ होण्यास निरनिराळ्या मानाची उष्णता लागत्ये. पाऱ्याची वाफ होण्यास ६९२ अंश उष्णता

लागत्ये; आल्कोहोलाची वाफ होण्यास १७५ आणि ईथराची वाफ होण्यास १०४ अंश उष्णता लागत्ये.

वाफ ही जात्या पार दर्शक, अदृश्य आणि रंगरहित आहे; परंतु ती बाहेर निघूं लागली ह्मणजे तिचा कांहीं अंश हवेच्या योगानें थंड होऊन जलरूपता पावतो आणि तेणेंकरून तो आपल्यास पांढुरक्या धुराप्रमाणें दिसतो. एक घन इंच पाण्याची वाफ केली असतां सुमारें एक घन फुट ह्मणजे १७२८ घन इंच भरत्ये. वाफेस बाहेर जाऊं नदेतां तिची उष्णता जसजशी वाढवावी तसतसा तिच्या प्रसरणशक्तीचा जोर वाढत जातो, आणि तो फार वाढला असतां त्याच्या योगानें ज्या पात्रांत ती असत्ये तें पात्र कितीही मजबूद असलें तरी फुटून जातें. अशी जी ही वाफेची प्रसृत होण्याची प्रबल शक्ति ती आपल्या उपयोगीं पडे अशी, मनुष्यानें आपल्या कल्पनेच्या योगानें, तिची योजना करून तीपासून एक अद्भुत यंत्र तयार केलें आहे; असें यंत्र मनुष्याचा हातून आजपर्यंत कधींही झालें नाहीं. या यंत्रास वाफेचें यंत्र असें ह्मणतात. पाण्याची वाफ केल्यावर ती जर थंड केली तर संकुचित होऊन तिचें पुनः पाणी होतें. आणि वाफ करण्याकरितां जितकी उष्णता लावलेली असत्ये तितकी सर्व बाहेर पडत्ये. याकरितां आपल्या अंगावर जर कोठें वाफे-

चा फंवारा बसला तर तेथें ती संकुचित होऊन तीं- तील उष्णता बाहेर पडत्ये, तेणेंकरून त्या ठिकाणीं चटका बसून ती जागा भाजल्यासारखी होत्ये.

वरील लिहिण्यावरून असें सिद्ध झालें कीं, उ- ष्णतेच्या योगानें प्रवाही पदार्थांची वाफ करितां येत्ये, आणि थंडीच्या योगानें वाफेचे पुनः प्रवाही पदार्थ क- रितां येतात. प्रवाहिद्रव्यांची वाफ करून ती पासून पुनः प्रवाहिद्रव्य काढण्याचा जो व्यापार त्यास **अर्क- निष्कासन** असें ह्मणतात. वाफ थंड करण्याची एक रीति अशी आहे कीं, एक कांचेची नळी थंड पाण्यांत बुडवून ठेवून तींतून वाफ घालविली असतां ती थंड होऊन तिचें पाणीं होतें. एकमेकांत मिसळलेलीं दो- न प्रवाहिद्रव्यें वेगळीं करायाचीं झाल्यास अर्कनि- ष्कासनाच्या रीतीनें करितां येतात. उ०—आ- ल्कोहोल, आणि पाणीं हे दोन प्रवाही पदार्थ एक- त्र मिसळले असून त्यांतून आल्कोहोलास वेगळें काढायाचें असल्यास, त्या दोहीं पदार्थांचें मिश्रण १७५ अंशांपेक्षां अधिक आणि २१२ अंशांपेक्षां कमी इतकी उष्णता होई तोंपर्यंत तापवावें, ह्मणजे आ- ल्कोहोलाची वाफ होऊं लागत्ये, कारण १७५ अं- श उष्णता झाली ह्मणजे त्याची वाफ होत्ये असें व- र लिहिलेच आहे. आतां ती वाफ कांहीं अंतरावर

वरील रीतीप्रमाणें नळींत थंड केली ह्मणजे शुद्ध आल्कोहोल प्रवाहिरूपानें सांपडतो.

स्वाभाविक बाष्पभवन.

प्रत्यक्ष अग्नि लावून कढ आल्याशिवाय प्रवाहिद्रव्यांची जी आपोआप हळूहळू वाफ होत्ये त्यास स्वाभाविक बाष्पभवन असें ह्मणतात. जेव्हां आपण ओलीं वस्त्रें वाळत घालतों तेव्हां त्यांतील उदकांशाची वाफ होऊन उडून जात्ये आणि तेणेंकरून वस्त्रें वाळतात. या पृथ्वीवर बाष्पभवनाचा व्यापार थोडाबहुत एकसारखा सदोदित चाललेला असतो. समुद्र, नद्या, सरोवरें इत्यादिकांपासून बाष्पभवनाच्या योगानें पाण्याची वाफ होऊन ती वातावरणांत जात असत्ये; याप्रमाणेंच वनस्पति व जीवजंतु यांतील प्रवाही पदार्थांचा अंश वाफेच्या स्वरूपानें बाहेर पडत असतो.

अशा प्रकारें पृथ्वीवरील द्रवांशास ह्मणजे ओलाव्यास जाऊन राहण्यास वातावरण हें एक मोठें आश्रयस्थानच होय. ज्या वेळेस वातावरणांत उष्णता पुष्कळ असत्ये त्या वेळेस वातावरणांतील उदकांश भूमीजवळ प्राय: दृष्टिगोचर होत नाहीं, परंतु वातावरणांत उष्णता जेव्हां कमी असत्ये तेव्हां हवा अगदीं दमसर होऊन रोगट होत्ये. कधीं कधीं हवा इतकी दमट होऊन जात्ये कीं तींतील उदकांश धुक्याच्या स्वरूपानें दृष्टी-

पानें आपल्या दृष्टीस पडतात. दिवसास वनस्पत्यादिकांमध्यें जी उष्णता सांचल्ये ती रात्रीं त्यांतून निघून गेल्यावर हवेंतील उदकांश थंड होऊन त्यांच्या पानांवर दंवाच्या स्वरूपानें दृष्टीस पडतो, आणि ज्या रात्रीं थंडीचा मोठा कडाका पडतो त्या रात्रीं तर तें दंव कधीं कधीं अगदीं थिजून जातें.

विलायतेसारख्या अतिथंड देशांत असा चमत्कार घडतो कीं, ज्या खोलींत माणसें निजलेलीं असतात त्या खोलीच्या खिडक्यांच्या तावदानांवर मनुष्यांच्या शरीरांच्या छिद्रांतून व त्यांच्या श्वासोच्छ्वासापासून जी अदृश्य वाफ निघत असल्ये ती थंडीच्या योगानें संकुचित होऊन प्रवाहिस्वरूपानें दृष्टीस पडल्ये; ह्मणजे वाफेचें पाणीं होऊन त्याचे तावदानांवर बिंदु जमून त्यांचे ओघळ चालतात. अशाप्रकारचा व्यापार जितकी बाहेर थंडी अधिक तितका अधिक घडतो.

थिजणें—थिजण्याचा बिंदु.

ज्या देशांत फार थंडी असल्ये त्या देशांत हिंवाळ्यामध्यें हवेंतील उष्णता ३२ अंशांपेक्षां ह्मणजे थिज-

थिजू लागतें आणि शेवटीं त्याचें बर्फ होतें, आणि वातावरणांतील उष्णता ३२ अंशांच्या वर झाली ह्मणजे त्या बर्फाचें पुन: पाणी होतें.

जेव्हां वातावरणांतील उष्णता थिजण्याच्या बिंदूपेक्षां कमी होत्ये तेव्हां ढगांमध्यें जे जलाचे कण असतात ते खालीं पडतेवेळेस थिजून त्यांचें बर्फ होतें आणि त्या बर्फाच्या स्वरूपानें ते जमीनीवर येऊन पोंचतात. परंतु तें जलकण एकत्र होऊन त्यांचे पावसाचे थेंब बनल्यावर जर थिजण्याचा व्यापार चालू झाला तर त्यांच्या गारा होऊन पृथ्वीवर पडतात. आणि हे थिजलेले थेंब पृथ्वीवर पडायाच्या अगोदर जर थिजण्याच्या बिंदूपेक्षां अधिक उष्णतेच्या वायूंतून खालीं आले तर ते वितळून त्यांची अर्धी गार व अर्धें पाणी असें होऊन जातें.

शीतोष्णांची समानता.

उष्णतेच्या अंगीं सर्वत्र समानतेनें राहण्याविषयींचा जो धर्म आहे तेणेंकरून ती या सृष्टींत चोहींकडे पसरून पदार्थांतील शीतोष्णांमध्यें चमत्कारिक फेरफार करित्ये. जर आपण थंड पदार्थांवर आपला हात ठेविला

तर आपल्या हातांतील उष्णता चर्तुर्दिशीं त्या पदार्थां- शिरून तितकी उष्णता आपल्या हातांतून नाहीं- शी होत्ये. याप्रमाणेंच आपण उष्ण पदार्थावर हा- त ठेविला असतां त्यांतील उष्णता आपल्या हा- तांत शिरून हात कढत होतो. जर आपण कढत पाणी घेऊन थंड्यापाण्यांत ओतलें तर दोहोंची उष्णता लागलीच समान होऊन जात्ये. जर कोणत्या एका प्रदे- शांतील हवा उष्ण झाली तर ती हलकी होत्ये, आ- णि तेणेंकरून भोंवतालची जड हवा तीस वर सारून तिच्या ठिकाणीं आपण येऊन भरूं लागत्ये. हेंच वारा अथवा वायुप्रवाह उत्पन्न होण्याचें मुख्य कार- ण होय. उष्ण झालेल्या खोल्यांमध्येंही असाच प्रका- र दृष्टीस पडतो. उष्ण खोलीचें दार जर उघडें टाकिलें तर तींतील उष्णतेमुळें हलकी झालेली हवा बाहेर पडूं लागून बाहेरील जड हवा त्या ठिकाणीं ये- ऊन भरूं लागत्ये त्यामुळें थंड वायूची झुळूक लागली- च अनुभवास येत्ये.

बाष्प भवनाच्या योगानें ज्या वेळेस वाफ हो- ऊं लागत्ये त्या वेळेस थंडी उत्पन्न होत्ये, कारण वा- फ होण्याकरितां जी उष्णता लागत्ये ती जवळील प- दार्थांतून घेतली जात्ये. ही गोष्ट सर्वांस माहित आ- हे कीं, एक्या भांड्यांत पाणी घालून त्यास ओलें फड- कें लावून तें उलटें अडकवून ठेविलें ह्मणजे पाणी कां-

हीं वेळानें पुष्कळ गार होतें कारण तोंडच्या उदका-
ची वाफ होऊं लागली ह्मणजे आंतल्या पाण्यांतील
उष्णतेचें शोषण होऊन तें सर्व पाणी गार होऊन
जातें. याप्रमाणेंच आपण आंघोळ झाल्यानंतर आंग न-
पुसतां तसेच जर क्षणभर बसलों तर थंडी वाजूं लाग-
त्ये, कारण आंगावरील पाण्याची जेव्हां वाफ होऊं
लागत्ये तेव्हां शरीरांतील उष्णतेचें शोषण होऊन
थंडी उत्पन्न होत्ये. कोरड्या वाऱ्याच्या झुळकीनें
बाष्पभवनाचें काम लवकर लवकर चालतें तेणेंक-
रून ज्या दिवशीं वारा सुटतो त्यादिवशीं ओलसर
पदार्थ लवकर हडकतात.

कृतीनें बर्फ करण्याची रीति.

बाष्प भवनाच्या योगानें उष्णतेचें शोषण हो-
ऊन थंडी उत्पन्न होत्ये ह्मणून जो वर नियम लि-
हिला त्याच्याच आधारावरून उष्ण खोलीमध्यें-
हीं पाण्याचें बर्फ करण्याची एक चमत्कारिक युक्ति
काढिली आहे. वाताकर्षकयंत्र व त्यांतील ग्राह-
क यांपासून वरील कार्य करितां येतें. वाताकर्ष-
कांतील तबकडीवर जें कांचेचें पात्र उपडें ठेविलें अ-
सतें त्यास **ग्राहक** असें ह्मणतात. यांतील वायु
दट्ट्याच्यायोगानें काढितां येतो. या यंत्रांतील त-
बकडींत गंधकाचा शुद्ध अर्क घालून तिच्या मध्यभा-

गीं पाण्यानें भरलेला पेला एक्या तिवईवर ठेवून ग्राहकांतील वायु काढिला ह्मणजे पाण्यावरील वायूचा दाब नाहींसा होऊन त्याची वाफ होऊं लागत्ये. ती वाफ वर येऊं लागली ह्मणजे तबकडींतील गंधकाचा अर्क तीस शोषून घेऊन शून्यावकाश कायम राखितो. याप्रमाणें व्यापार चालू लागला ह्मणजे पाण्याची उष्णता थिजण्याच्या बिंदूपर्यंत कमी होऊन त्याचें बर्फ होतां दृष्टीस पडतें. एक्या भल्या मोठ्या वाताकर्षकाचा व्यापार कितीएक ग्राहकांवर चालू केला असतां एक्या तासांत सहा पौंड ह्मणजे पक्के ३ शेर बर्फ तयार होतें. वाताकर्षक यंत्राचें समग्र वर्णन पुढें होईल.

अनुद्भूत उष्णता.

वर असें सांगितलें कीं ३२ अंशांपेक्षां कमी उष्णता केली ह्मणजे पाणी थिजून त्याचें बर्फ होतें, आणि त्या बर्फास ३२ अंशांपेक्षां अधिक उष्णता लाविली असतां त्याचें पाणी होतें. परंतु बर्फास ३२ अंशांपेक्षां अधिक उष्णता लाविली असतां त्याचें एकाएकीं पाणी होत नाहीं. पाणी होण्यास कांहीं विलंब लागतो, आणि त्या सर्व बर्फाचें पाणी झाल्याबरोबर जर त्यांत उष्णमापक घातलें तर त्यांतील पारा ३२ अंशांपेक्षां अधिक चढत

३२ अंश उष्णतेचेंच पाणीं होई तोंपर्यंत जी उष्णता बर्फ शोषून घेतें त्या उष्णतेस **अनुद्भूत उष्णता** असें ह्मणतात; आणि या उष्णतेच्या योगानें पदार्थाचें रूपांतर होतें, ह्मणजे अप्रवाही असल्यास प्रवाही होतो आणि प्रवाही असल्यास वायूरूप होतो, ह्मणून हीस **रूपांतर करणारी उष्णता** असेंही नाव देतात. बर्फाचें पाणीं होई तोंपर्यंत १४० अंश उष्णता बर्फांत गडप होऊन जात्ये यावरून पाण्याची अनुद्भूत उष्णता १४० अंश आहे असें समजतें. याप्रमाणेंच पाण्याची वाफ करत्ये वेळेस सुमारें १००० अंश उष्णता अगोचर होत्ये ह्मणजे प्रत्ययास येत नाहीं, याकरितां वाफेची अनुद्भूत उष्णता सुमारें १००० अंश आहे असें समजतें. जेव्हां थंडीच्या योगानें वाफेचें पुनः पाणीं होतें तेव्हां ती १००० अंश अनुद्भूत उष्णता बाहेर पडत्ये, आणि पाण्याचें बर्फ होत्ये वेळेस १४० अंश अनुद्भूत उष्णता बाहेर पडत्ये व त्या दोहोंचाही प्रत्यय येतो. इतर पदार्थ उष्णतेच्या योगानें पातळ करत्ये वेळेस आणि पातळ झाल्यानंतर त्यांची वाफ करत्येवेळेस पाण्याप्रमाणेंच उष्णतेचें शोषण होतें. परंतु हें शोषण सर्व पदार्थांत एकसारखें

नसतें ह्मणजे अर्थात् वेगळ्या वेगळ्या पदार्थांची अनुद्भूत उष्णता भिन्न भिन्न असत्ये. पाण्यामध्यें जितकें उष्णतेचें शोषण होतें तितकें कोणत्याही पदार्थांत होत नाहीं. पुढील कोष्टकांत कित्येक पदार्थांची अनुद्भूत उष्णता दिली आहे.

पाणीं..	१४०	पाण्याची वाफ....	९६७
गंधक..	१४५	आल्कोहोलाची वाफ	४४२
जस्त ..	४९९	ईथराची वाफ......	३०२
कथील..	५००	नैत्रिक आसिडाची वाफ	५३२

वरील लिहिण्यावरून असें सिद्ध झालें कीं, पदार्थांतील उष्णता निघूं लागली असतां अथवा पदार्थांत ती जाऊं लागली असतां ते एकदम थंड अथवा ऊन होत नाहींत त्यांच्या अंगांत थंडी अथवा उष्णता उत्पन्न होण्यास कांहीं विलंब लागतो. अशा प्रकारें शीतोष्णांचा व्यापार हळूहळू नघडता तर वनस्पति व जीव यांच्या शरीरांत जीं मूलभूत प्रवाहिद्रव्यें आहेत त्यांत एकाएकीं थंडी अथवा उष्णता उत्पन्न होऊन मोठा नाश झाला असता.

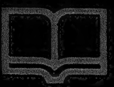
थंड होतांनां पदार्थांचें वाढणें—मणिभवन.

उष्णता जशी जशी वाढत्ये तसा तसा पदार्थ विस्तृत होतो असें वर लिहिलें, परंतु कितीएक पदार्थ असे आढळतात कीं ते उष्ण केले असतां जसे वाढतात

रवे क्षार. हे पदार्थ थंड होऊन घट्ट होऊं लागले ह्मणजे त्यांचे प्रकृत्यंश, शिसें, सोनें व रुपें यांच्या प्रकृत्यंशांप्रमाणें, एकमेकांशीं अगदीं घट्ट मिळून नजातां त्यांचे बारीक रवे पडतात, आणि ते रवे एकत्र होऊन त्यांचे खडे बनतात. या खड्यांस **मणि** असें ह्मणतात; आणि ज्या व्यापारानें असले मणि बनतात त्यास **मणिभवन** असें ह्मणतात. या मणिभवनाच्या योगानें पदार्थांच्या ज्या सुघटित आणि चमत्कारिक आकृति बनतात त्या कांहीं नियमित कारणांनीं बनत असाव्या असें अनुमान होतें, परंतु या कारणांचा अद्याप कालपर्यंत पुर्तेपणीं शोध लागला नाहीं.

पाण्याच्या परमदार्ढ्याचा बिंदु.

पदार्थांच्या अंगचा जो घट्टपणा त्यास **दार्ढ्य** असें ह्मणतात. उष्णता ४० अंश किंवा कित्येकांच्या मतें ३९॥, अंश झाली ह्मणजे पाण्याच्या अंगीं परम दार्ढ्य उत्पन्न होतें— ह्मणजे ४०, अथवा ३९॥, अंश उष्णता असतां जितका पाण्याच्या अंगीं घट्टपणा येतो तितका ४०, अथवा ३९॥, अंश उष्णतेपेक्षां कमी किंवा जास्त उष्णता असतां येत नाहीं. ४० अंशांपेक्षां





उष्णता कमी केली असतां पाण्याचें आकारपरिमाण ३२ अंश उष्णता होई तोंपर्यंत वाढत असतें, आणि ४० अंशांपेक्षां अधिक उष्णता झाली असतां तें कढाच्या बिंदूस पोंचे तोंपर्यंत त्याचें आकारपरिमाण वाढत असतें. याकरितां पाण्याची उष्णता ४० अंशांवर वाढूं लागली असतां ज्या मानानें पाण्याचें आकारपरिमाण वाढतें त्याच मानानें ४० अंशांपेक्षां उष्णता कमी होऊं लागली असतांही वाढतें. उ०—४० अंशांपेक्षां ५ अंश अधिक ह्मणजे ४५ अंश उष्णता झाली असतां जितकें पाण्याचें आकारपरिमाण वाढतें तितकेंच ५ अंश उष्णता उणी ह्मणजे ३५ अंश झाली असतांही वाढतें.

पाण्याची उष्णता ४० अंशांपेक्षां अधिक असून जेव्हां भोंवतालची हवा विशेष थंड होत्ये तेव्हां पाण्याचा वरला थर त्या हवेच्या योगानें थंड होऊन खालच्या पाण्यापेक्षां जड होतो, तेणेंकरून तो खालीं जातो; नंतर त्याच्या जागीं त्याच्या खालचा थर येतो आणि तोही थंड होऊन पूर्वीप्रमाणें खालीं जातो. या प्रकारचा व्यापार तें सर्व पाणी ४० अंश उष्णतेचें होई तोंपर्यंत चालतो. उष्णता ४० अंशांपेक्षां कमी होऊं लागली ह्मणजे पाण्याचा वरचा थर खालील पाण्यापेक्षां हलका होऊन खालीं नजातां वरचेवर तरंगत राहतो. उष्णता ३२ अंश अथवा त्या-

सच्छिद्रतेमुळें तें पाण्यापेक्षां हलकें असतें सबब पाण्यावर तरंगतें. अशा प्रकारें वरील पाण्याचें बर्फ झाल्यानंतर त्याच्या खालील पाण्याचें बर्फ होऊं लागलें ह्मणजे त्यांतून जी अनुद्भूत उष्णता बाहेर पडत्ये तीस तत्काल हवेंत जावयास सांपडत नाहीं, कारण वर जें बर्फ जमलेलें असतें तें उष्णतेचें मंदवाहक ह्मणून तीस आंत कोंडून धरितें. या कारणास्तव थिजण्याचा क्रम शिथिल पडतो. बर्फ होत्ये वेळेस जर अनुद्भूत उष्णता बाहेर पडण्याची आवश्यकता नसती आणि बर्फाच्या अंगीं जर पाण्यावर तरंगण्याचा गुण नसता तर जे थंड देश आहेत त्यांत नद्यांच्या नद्या गोठून गेल्या असत्या.

थिजण्याचा परिणाम.

पाणी थिजूं लागलें ह्मणजे त्याचें आकारपरिमाण वाढतें असें जें वर लिहिलें, त्यावरून इंग्लंडासारख्या थंड देशांत हिंवाळ्यामध्यें पाण्याचे नळ अथवा पाण्यानें भरलेलीं भांडीं वगैरे एकाएकीं तडकून जातात ह्मणून जो चमत्कार सांगतात त्याची उपपत्ति चांगली बसत्ये. एक पातळसें भांडें पाण्यानें भरून बर्फ होण्याजोग्या थंड हवेंत ठेविलें असतां त्यांतील-





ल पाण्याचें बर्फ होऊन तें फुगतें आणि तेणेंकरून तें भांडें तडकून जातें. जीं पात्रें चिवट असतात त्या पात्रांस अशा तऱ्हेनें तडे पडले असतांही जोंपर्यंत त्यांत बर्फ असतें तोंपर्यंत ते दृष्टीस पडत नाहींत, परंतु त्यांतील बर्फाचें पाणी झालें ह्मणजे ते दृष्टोत्पत्तीस येतात. खडकांच्या भेगांतून थंडी पडण्याच्या पूर्वी जर पाणी सांचलेलें असलें तर तें थंडीच्या दिवसांत थिजून फुगतें आणि तेणेंकरून खडकच्या खडक तडकून जातात. नदीकिनाऱ्यास जे मोठमोठे उंच धक्के बांधलेले असतात त्यांतील पाण्याचा अंश थिजून जेव्हां फुगतो तेव्हां त्यांतील कांहीं भाग उकलून जातात, आणि ते जरी थंडीच्या दिवसांत एकमेकांशीं अगदीं डकून राहिलेले असतात तरी उष्ण काळांत त्यांतील बर्फ वितळूं लागलें ह्मणजे ते ढांसळतात. याप्रमाणेंच थंडीच्या दिवसांत जमीनी नांगरून वरखाल करून ठेविल्या ह्मणजे त्यांतील ढेंकळें विरून मातीस मिळून जातात, कारण त्यांत जो ओलावा असतो तो थंडीच्या योगानें थिजून जेव्हां फुगतो तेव्हां त्यांतील कणानकण वेगळा पडतो, आणि जोंपर्यंत थंडी असत्ये तोंपर्यंत ते कण जरी चिकटलेले राहतात तरी उष्णकाळांत त्यांतील ओलावा वितळूं लागला ह्मणजे ते मोकळे पडतात. याकरितां शेतकरी लोक थंडीच्या दिवसांत आपल्या जमि-

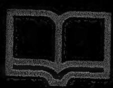
ढळ्याना वगैरे फोडायाचा आयास पडत नाहीं. अशा प्रकारचीं उदाहरणें मुख्यत्वेंकरून थंड देशांत आढळतात, उष्ण देशांत तादृश आढळत नाहींत.

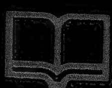
उष्णतेच्या योगानें पदार्थांचें आकुंचन.

उष्णतेच्या योगानें कितीएक पदार्थ आकुंचित होऊन त्यांचें आकारपरिमाण कमी होतें. हा व्यापार लांकूड, माती, यांसारखे जे पदार्थ उष्णतेच्या योगानें वितुळले जात नाहींत त्यांमध्यें घडतो; कारण त्यांत जो पाण्याचा अंश असतो त्याची उष्णतेच्या योगानें वाफ होऊन बाहेर गेली ह्मणजे त्यांतील प्रकृत्यंश पहिल्यापेक्षां अधिक जवळ येऊन त्यांचें आकारपरिमाण कमी होतें. लांकूड अगदीं कोरडें पडल्यावर कधीं कधीं तें तडकतें आणि त्यांतून किर असा आवाज निघतो, आणि असा आवाज जेव्हां घरांतील लांकडी सामानांतून निघूं लागतो तेव्हां अज्ञानी लोक त्याचें एक अद्भुत कारण कल्पितात.

अग्निकरण – अग्नि.

उष्णता लाविली असतां ज्यांची वाफ होत नाहीं असे जे लांकडासारखे पदार्थ त्यांचा अग्नि बनवितां येतो. अशा पदार्थांत ८०० अंश उष्णता आ-





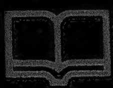
ली ह्मणजे ते अंधारांत लाल भडक दिसूं लागतात, आणि सुमारें १००० अंश उष्णता आली ह्मणजे ते दिवसाच्या उजेडांतही लाल भडक दिसूं लागतात. हा व्यापार कोळशासारखे जे जळण्याजोगे पदार्थ त्यांमध्यें व धोंड्यासारखे जे नजळण्याजोगे पदार्थ त्यांमध्यें एकसारखा घडतो. पदार्थांचा अग्नि करण्यास ज्या मानाची उष्णता लागत्ये त्या मानापेक्षां पांढरी ज्वाला निघूं लागे इतकें जर तिचें मान चढविलें तर तींत बहुतेक धातु व दुसरे पदार्थ यांचा रस होऊन जाई इतका तिच्या अंगीं प्रखरपणा येतो; आणि धातूंचा रस झाल्यावरही त्या जर त्या उष्णतेंत कांहीं नियमित कालपर्यंत तशाच राहूं दिल्या तर त्यांतील धातुधर्म नष्ट होऊन त्यांचीं **आक्साइडें** ह्मणजे **भस्में** होतात. पदार्थांची दाह्यता जशी जशी अधिक असत्ये व त्यांस हवा जितकी जितकी अधिक मिळत्ये तितका तितका दहनाचा व्यापार अधिकाधिक चालतो. जर अग्नीला हवा लागूं नदिली तर तो नपेटतां लवकर विझून जातो. हवेंत आक्सिजन ह्मणून जो एक वायु आहे तो दहनक्रियेस फार साहाय्य करितो. ज्या पदार्थाचें हवेंत फार हळू हळू दहन होतें त्या पदार्थास जर शुद्ध आक्सिजन वायूंत ठेविलें तर त्याचें दहन खूब सपाट्यानें होऊं लागतें.

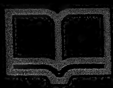
उष्णतेविषयीं जो वर विचार झाला त्याचा

आणि थंडी, थिजणे, आकुंचन आणि मणिभवन हीं उष्णतेच्या न्यूनतेचीं कार्यें होत या विषयावर व मुख्यत्वेंकरून ज्वलनावर अधिक विचार करायाचा तो रसायनशास्त्रांत होईल.

पदार्थांच्या औपाधिक धर्मांविषयीं.

अप्रवाही, प्रवाही आणि वायुरूप अशा पदार्थांचीं जीं नानाप्रकारचीं सुंदर स्वरूपें या सृष्टींत आपल्या दृष्टीस पडतात त्यांस मुख्यत्वेंकरून दोन कारणें आहेत, एक आकर्षण आणि दुसरें अभिसरण. या दोन व इतर कारणांनीं जे पदार्थांच्याठायीं चमत्कारिक धर्म उत्पन्न होतात त्यांस **औपाधिक धर्म** असें ह्मणतात; कारण या धर्मांत उपाधीच्या योगानें फेरफार करितां येतात. औपाधिक धर्मांचीं नावें — **दार्ढ्य, सच्छिद्रता** अथवा **वैरल्य, संकोच्यता, स्थितिस्थापकता, प्रसरणशीलता, काठिन्य, भंगशीलता** अथवा **ठिसूळपणा, घनवर्धिष्णुता, तंतुभवनार्हता,** आणि **प्रकुट्यता** अथवा **चिवटपणा.**



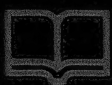


दार्ढ्य.

पदार्थांच्या आंगचा जो घट्टपणा त्यास दार्ढ्य असें ह्मणतात. अप्रवाही अवस्थेंत पदार्थांच्या अंगीं परमदार्ढ्य असतें, प्रवाही अवस्थेंत त्यापेक्षां कमी, आणि वायुरूप अवस्थेंत फारच कमी असतें. पदार्थांतील प्रकृत्यंश जसे घट्ट किंवा विरळ असतात तसें त्यांचें दार्ढ्य अधिकउणें होतें, आणि या दार्ढ्यांत कर्तानें फेरफारही करितां येतो. धातूंस हातवड्यानें ठोकलें असतां त्यांतील प्रकृत्यंश अधिक जवळ येऊन त्यांचें दार्ढ्य वाढतें.

ज्या पदार्थांच्या अंगीं दार्ढ्य विशेष तो पदार्थ अधिक जड असतो. एक्या अप्रवाही अथवा प्रवाही पदार्थाचें दार्ढ्य दुसऱ्या पदार्थांच्या दार्ढ्यापेक्षां अधिकउणें आहे असें शास्त्रीय भाषेनें सांगायाचें झालें ह्मणजे त्या ठिकाणीं **विशिष्टगुरुत्व** या शब्दाची योजना करितात, आणि असें ह्मणतात कीं शिशाचें विशिष्टगुरुत्व कापसाच्या विशिष्टगुरुत्वापेक्षां अधिक आहे; आणि पाण्याचें विशिष्टगुरुत्व तेलाच्या विशिष्टगुरुत्वापेक्षां अधिक आहे. आतां हें विशिष्टगुरुत्व कोणत्या पदार्थाचें किती आहे हें पाहण्याकरितां प्रमाणाला कोणता तरी एक पदार्थ घेऊन त्याच्याशीं इतर पदार्थ ताडून पाहिले पाहिजेत.

ष्णतेचाच घेतला पाहिजे. याकरितां ६२ अंश उ-ष्णतेचें अर्कनिष्कासनाच्या योगानें काढलेलें शुद्ध उदक प्रमाणरूपानें धरून त्याबराबर इतर पदार्थांचें विशिष्टगुरुत्व ताडून पाहतात. तो प्रकार असा-ज्या पदार्थाचें विशिष्टगुरुत्व काढायाचें असतें तो प-दार्थ व शुद्ध उदक हीं आकारपरिमाणानें सारखीं घेऊन त्यांचें वजन करितात, आणि उदकाचें विशिष्टगुरुत्व १, कल्पून त्याच्या जितकेपट त्या पदार्थाचें वजन भरतें तितकें त्या पदार्थाचें विशिष्टगुरुत्व धरतात; तो पदार्थ, जर उदकाच्या दुप्पट भरला तर त्याचें विशिष्टगुरुत्व २, तिप्पट भरल्यास ३, चौपट भरल्यास ४ आहे असें ह्मणतात. अशा रीतीनें पाहूं लागलें असतां २२ पर्यंत विशिष्टगुरुत्वाचे पदार्थ आढळतात. प्लाटिनम् या नावा-ची धातु सर्व पदार्थांमध्यें फार जड आहे; तिचें वि-शिष्टगुरुत्व २२ पेक्षां थोडें अधिक भरतें. हीं वर-ची कसर, विशिष्टगुरुत्व सूक्ष्मतेनें समजण्याकरितां, द-शांशरूपानें मांडितात. वायुरूप पदार्थांचें विशिष्ट-गुरुत्व ताडून पाहण्याकरितां कधीं कधीं हवा प्रमाण-रूपानें धरतात; परंतु अप्रवाही आणि प्रवाही यांचें





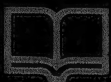
विशिष्टगुरुत्व ताडून पाहायाचें झाल्यास तें उदकास-च प्रमाणरूपानें धरून पाहतात. पुढील कोष्टकांत कित्येक पदार्थांचीं विशिष्टगुरुत्वें लिहिलीं आहेत.

प्लाटिनम्	घडींव	२२·१००
प्लाटिनम्	तार	१९·२६७
सोनें	घडींव	१९·३२५
पारा		१३·५९८
शिसें		११·३५२
रुपें		१०·४७४
तांबें	घडींव	८·८७८
तांबें	ओतींव	७·२०७
पोलाद		७·८१६
लोखंड	घडींव	७·७८८
लोखंड	ओतींव	७·२०७
कथील		७·२९१
सुर्मा		६·७१२
हिरा		३·५२०
गारेची कांच		३·३७५
संगमरवरी दगड		२·८७३
चिनी भांडें		२·३८४
गंधक	खाणींतला	२·०३३
हस्तिदंत		१·९१७
ओकनामक झाडाचें लांकूड जुनाट		१·१७०

समुद्राचें पाणी	१·०२६
शुद्ध उदक	१०००
आल्कोहोल	०·७९३
जवसाचें तेल	०·९५३
बुचाचें लांकूड	०·२४०

ज्या पदार्थाचें विशिष्टगुरुत्व पाण्याच्या विशिष्ट गुरुत्वापेक्षां अधिक असतें तो पदार्थ पाण्यांत टाकिला असतां बुडतो, आणि ज्याचें विशिष्टगुरुत्व पाण्याच्या विशिष्टगुरुत्वापेक्षां कमी असतें तो पाण्यावर तरंगतो. एकादें लांकूड किंवा अशा जातीचा दुसरा एकादा पदार्थ पाण्यांत टाकिला असतां तो कांहीं वेळ पाण्यावर तरंगतो, परंतु कांहीं वेळानें त्यांत पाणी भिनून त्याचें विशिष्टगुरुत्व अधिक झालें म्हणजे तो बुडतो.

कांहीं पदार्थ असे आहेत कीं, ते परस्पर मिश्रित केले असतां त्यांचें आकारपरिमाण न्यूनाधिक होऊन त्यांच्या दाढ्यांत फेर पडतो. एक घन इंच पाणी एक घन इंच आल्कोहोलांत मिसळलें असतां तें मिश्रण दोन घन इंच भरावें तें नभरतां थोडें कमी भरतें. याप्रमाणेंच पाणी व उत्तम जातीचीं मद्यें हीं एकत्र के-





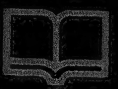
लीं असतां १०० शेरांमध्यें ४ शेरांचा फेर पडतो. असा फेर पडण्याचें कारण हेंच आहे कीं पाणी आणि मद्य यांचे कण एकमेकांच्या कणांच्या मध्यें शिरतात– ह्मणजे पाण्याच्या कणांच्या मध्यें जी रिती जागा सांपडत्ये तींत मद्याचे कण शिरतात, आणि मद्याच्या कणांच्या मध्यें जी रिती जागा सांपडत्ये तींत पाण्याचे कण शिरतात. कथील आणि शिसें हीं दोन द्रव्यें परस्पर मिश्रित केलीं असतां त्यांच्या मिश्रणाचें आकारपरिमाण वाढून त्याचें दार्ढ्य कमी होतें.

पाणी मद्यापेक्षां जड असतें, यास्तव पाण्यांत मद्य घातलें असतां, तें त्यांत पुरतेपणीं मिसळून जाईं असें त्या दोहों द्रव्यांचें मिश्रण नकेलें तर, मद्य पाण्यावर तरंगतें. कांहीं पदार्थ पाण्यावर तरंगणारे असून मद्यांत घातले असतां बुडतात. वेगळ्या वेगळ्या विशिष्टगुरुत्वाचे कांचेचे पोकळ मणि घेऊन ते मद्यांत टाकावे आणि त्यांत फार कमी विशिष्टगुरुत्वाचा मणि तरंगतो तें मद्य फार सतेज आहे असें समजावें; कारण मद्यें जितकीं जितकीं हलकीं तितकीं तितकीं तीं अधिक सतेज असतात. मद्यें सतेज आहेत किंवा निस्तेज आहेत हें पाहायाचें असल्यास तें पुढील यंत्रापासूनदेखील पाहतां येतें. या यंत्रांत मार

वलेली असून त्यावर गोळ्यापासून आरंभ करून वरवेरी भाग पाडलेले असतात. या यंत्रास द्रवद्रव्यमापक असें ह्मणतात. हें यंत्र मद्यादि पदार्थांत घातलें असतां तीं जितकीं जितकीं हलकीं तितकें तितकें तें त्यांत अधिकाधिक बुडतें, आणि तें जितके अंश आंत बुडतें तितके अंश तीं मद्यें सतेज असें समजतात.

ब

मद्यांचें विशिष्टगुरुत्व व त्यांची सतेजता यांची वर लिहिलेल्या रीतीप्रमाणें परीक्षा करित्ये वेळेस त्यांच्या आंगच्या उष्णतेकडे लक्ष पोंचविलें पाहिजे, उष्णतेच्या योगानें मद्यें पसरून तीं हलकीं होतात. याकरितां उन्हाळ्याचे दिवसांत मद्यांचें आकारपरिमाण त्यांच्या वजनाच्या अनुरोधानें पाहिलें असतां हिवाळ्यापेक्षां जाजती भरतें आणि तेणेंकरून तीं अधिक सतेज भासतात; परंतु वस्तुगत्या तीं तितकीं सतेज नसतात. एक घन इंच दारू (ब्रांडी) हिवाळ्यांत जितकी वजन भरत्ये त्यापेक्षां उन्हाळ्यांत ५ गुंजा कमी भरत्ये; आणि उन्हाळ्यांत जितक्या वजनाची दारू मापानें ३३ शेर भरत्ये तितक्याच वजनाची हिवाळ्यांत ३२ शेर भरत्ये. याकरितां

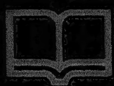




हिंवाळ्यांत कोणी मापानें दारूची खरेदी करून उन्हाळ्यांत मापानेंच ती विकली तर ३२ शेरांस एक शेर नफा होईल.

ज्यांचें आकारपरिमाण सारखें अशा अप्रवाही पदार्थांचें विशिष्टगुरुत्व परस्पर ताडून पाहायाचें असल्यास त्यांस तराजूच्या पारड्यांत घालून त्यांचें वजन करावें, आणि त्यांमध्यें जो जड भरेल त्याचें दार्ढ्य अथवा विशिष्टगुरुत्व दुसऱ्याच्या दार्ढ्यापेक्षां अथवा विशिष्टगुरुत्वापेक्षां अधिक आहे असें समजावें परंतु या रीतीनें पदार्थांचें खरें मोल समजायाचें नाहीं. उदाहरण— जर एका गृहस्थानें एक शेर वजनाची सोन्याची वीट सोनाराकडे विकायास आणिली तर तिचें वजन बरोबर एक शेर आहे किंवा नाहीं हें त्यास ताजव्याच्या योगानें सांगतां येईल; परंतु, ती वीट शुद्ध सोन्याचीच आहे किंवा तींत रुपें, तांबें, शिसें अथवा दुसऱ्या हलक्या धातु यांची भेसळ आहे, असें, विचारिलें असतां या प्रश्नाचें उत्तर केवळ तराजूच्याच योगानें सांगतां यावयाचें नाहीं. अशा प्रश्नांचीं उत्तरें आर्किमिडीज या नावाच्या एक्या मोठ्या प्राचीन विद्वान् पुरुषानें शोधून काढलेल्या युक्तीच्या आधारानें सांगतां येतात. ती युक्ति अशी— ज्या अप्रवाही पदार्थांचें विशिष्टगुरुत्व काढायाचें तो पदार्थ पाण्यानें भरले-

ही जी विशिष्टगुरुत्व काढण्याची युक्ति हिच्याच योगानें पदार्थांत भेसळ आहे किंवा नाहीं याचीही परीक्षा करितां येत्ये. तो प्रकार असा—ज्या पदार्थाची आपणास परीक्षा करायाची त्याच्या इतक्या आकारपरिमाणाचा दुसरा शुद्ध धातूचा पदार्थ घेऊन तो पाण्यानें भरलेल्या पात्रांत घालावा, आणि तो आंत शिरूं लागला ह्मणजे जितकें पाणी बाहेर पडेल तितकें एक्या पात्रांत धरावें; नंतर ज्याची परीक्षा करायाची त्यासही पाण्यानें भरलेल्या पात्रांत घालून त्याच्या योगानें जें पाणी बाहेर पडेल तेंही दुसऱ्या पात्रांत धरावें. आतां जर या दोहों पाण्यांचें वजन बरोबर उतरलें तर पदार्थांत भेसळ नाहीं असें समजावें, आणि जर तपासावयाच्या पदार्थाचें पाणी पहिल्या शुद्ध पदार्थाच्या पाण्यापेक्षां अधिक वजन भरलें तर त्यांत भेसळ अथवा हीण आहे असें समजावें. वर लिहिलेल्या सोनारास शेर वजनाची खऱ्या सोन्याची वीट पाण्यांत घातली असतां अमूक पाणी बाहेर पडतें असें प्रथम ठाऊक असल्यास त्याला त्याच्याकडे आणलेल्या विटेची वरील रीतीनें परीक्षा करितां येईल.





सछिद्रता अथवा वैरल्य.

दाढ्यांच्या विरुद्ध जो धर्म त्यास **वैरल्य** असें ह्मणतात. जो पदार्थ विरळ असतो त्यांत बारीक बारीक छिद्रें असतात, तेणेंकरून तो हलका भरतो. सछिद्र पदार्थांचीं उदाहरणें या जगांत पुष्कळ आहेत. परंतु जीवरूप आणि मूलरूप सृष्टीमध्यें हीं उदाहरणें फारच चांगलीं सांपडतात. हाड हा पदार्थ सछिद्र आहे, यास जर सूक्ष्मदर्शक यंत्रानें पाहिलें तर तें शुद्ध मधाच्या पोळ्याप्रमाणें दिसतें. लांकूड-हीं हाडाप्रमाणेंच सछिद्र आहे. वेताची छडी अथवा लांकडाची काटकी घेऊन तिचें एक टोंक पाण्यांत बुडवून दुसऱ्या टोंकाकडून जर जोरानें फुंकलें तर तींतील छिद्रांच्या द्वारें तो वायु पाण्यांतील टोंकांतून निघून बुडबुड्यांच्या स्वरूपानें पाण्यांतून बाहेर पडतो. जो वायुरूप पदार्थ दुसऱ्या वायुरूप पदार्थापेक्षां हलका भरतो त्याच्या अंगीं दुसऱ्यापेक्षां वैरल्य विशेष असतें.

संकोच्यता.

ज्या धर्माच्या योगानें पदार्थांतील प्रकृत्यंश कमी न्हाेऊं देतां त्यांस दाबून त्यांचें आकारपरिमाण कमी करितां येतें त्या धर्मास **संकोच्यता** असें ह्मणतात. असा व्यापार पदार्थांतील प्रकृत्यंश दाब-

अप्रवाही पदार्थांपेक्षां प्रवाही पदार्थांस संकुचित करायास फार कठीण पडतें, तथापि पुष्कळ दाब घातला असतां ते देखील थोडेसे चेपले जातात. समुद्रांत तळीं जें पाणी असतें तें वरील पाण्याच्या दाबानें संकुचित होऊन ह्मणजे चेपलें जाऊन त्याच्या अंगीं वरील पाण्यापेक्षां अधिक दार्ढ्य येतें.

प्रवाही व अप्रवाही पदार्थांपेक्षां वायुरूप पदार्थांस फार अल्पायासानें संकुचित करितां येतें. दाबण्याच्या योगानें हवेचें आकारपरिमाण पहिल्याच्या शतांशाइतकें करितां येतें; आणि ती इतकी दाबली ह्मणजे मग तिच्या अंगीं पसरण्याचा अथवा फुगण्याचा इतका जोर येतो कीं ज्या पात्रांत ती दाबावी तें पात्र फार बळकट नसलें तर फुटून जातें. याविषयीं हवेच्या बंदुकीचें उदाहरण चांगलें आहे. त्या बंदुकींत हवा आपल्या आकारपरिमाणाच्या शतांशाइतक्या जागेंत राही अशी दाबून भरली असतां तिच्या अंगीं फुगण्याचा जोर इतका येतो कीं, त्या जोरानें तींतील गोळी दारूच्या बंदुकींतील गोळीप्रमाणें उडून जात्ये.





स्थितिस्थापकता.

कांहीं पदार्थ असे आहेत कीं त्यांस जसें जसें दाबावें तसे तसे ते दबले जातात, आणि तो दाब जसा जसा काढावा तसे तसे ते पूर्वस्थितीवर येतात. हा जो पूर्वस्थितीवर येण्याचा पदार्थांच्या अंगीं धर्म आहे त्यासच **स्थितिस्थापकता** असें ह्मणतात. धातूंमध्यें पोलाद हें उत्कृष्ट स्थितिस्थापक होय; परंतु त्याची स्थितिस्थापकता रबराच्या इतकी नाहीं. रबरास कसेंही ताणलें, पिळलें, चुरडलें किंवा दाबलें तरी तें आपल्या पूर्वस्थितीवर येतें. हवेसारखे जे वायुरूप पदार्थ व पाण्यासारखे जे प्रवाही पदार्थ तेही फार स्थितिस्थापक आहेत; त्यांवर भार घालून ते दाबून पुनः तो दाब काढला असतां ते पूर्वस्थितीवर येतात.

प्रसरणशीलता.

ज्या धर्मांच्या योगानें पदार्थांस त्यांत इतर पदार्थ मिश्रित केल्यावांचून प्रसृत करितां येतें त्या धर्मास **प्रसरणशीलता** असें ह्मणतात. हा व्यापार पदार्थांतील छिद्रें अथवा त्यांच्या परमाणूंच्या मधील अवकाश वाढल्याच्या योगानें घडतो.

काठिन्य.

मृदुत्वविरुद्ध जो धर्म त्यास काठिन्य असें ह्मणतात. हा धर्म पदार्थांच्या दार्ढ्यावर तादृश राहत नाहीं, तर त्यांतील प्रकृत्यंश ज्या शक्तीनें एकमेकांस धरून राहतात त्या शक्तीवर अथवा त्या प्रकृत्यंशांच्या रचनाविशेषावर राहतो. कांचेचें दार्ढ्य बहुतेक धातूंपेक्षां कमी आहे परंतु ती इतकी कठीण आहे कीं, तिणें धातूंसदेखील खरवडतां येतें. कितीएक धातूंस कृतीनें कठीण अथवा नरम करितां येतें. पोलाद तापवितां तापवितां पांढरें दिसूं लागलें ह्मणजे त्यास थंडपाण्यांत घालून जर एकदम थंड केलें तर तें कांचेपेक्षां अधिक कठीण होतें; आणि हळूहळू जर तें निववविलें तर तें नरम व लवचीक होतें.

भंगशीलता.

पदार्थावर आघात बसला असतां तो ज्या धर्माच्या योगानें भंगून जातो, ह्मणजे त्याचे फुटून तुकडे होतात, त्या धर्मास भंगशीलता अथवा ठिसूळपणा असें ह्मणतात. हा धर्म बहुतकरून कठीण पदार्थांत असतो. उदाहरण कांच; आपल्या हातांतून जर एकादें कांचेचें भांडें पडलें तर त्याचे तुकडेतुकडे होऊन जातात ही गोष्ट प्रसिद्ध आहे. लोखंड, पो·

लाद, तांबें आणि पितळ या धातु खूब तापवून एकाएकीं थंड केल्या असतां त्या ठिसूळ होतात. ठिसूळ पदार्थांतील प्रकृत्यंशांमध्यें जी आकर्षणशक्ति असत्ये तिचा नाश करायास फार आयास लागत नाहीं, याकरितां ते सहज फुटले जातात.

घनवर्धिष्णुता.

ज्या धर्माच्या योगानें, पदार्थ (घणानें अथवा हातवड्यानें) हावे तसे ठोकून वाढवितां येतात त्या धर्मास घनवर्धिष्णुता असें ह्मणतात. सोनें, रुपें व तांबें यांची उष्णता कढाच्या बिंदूपर्यंत वाढविली असतां त्यांस हातवड्यानें ठोकून पुष्कळ वाढवितां येतें. जस्त, शिसें, लोखंड, इत्यादि धातुही, घनवर्धिष्णु आहेत. सर्व धातूंमध्यें सोनें फारच घनवर्धिष्णु होय; त्यास हातवड्यानें ठोकून ठोकून त्यांतून उजेड दिसे इतकें तें पातळ करितां येतें.

तंतुभवनार्हता.

ज्या धर्माच्या योगानें धातूंची तार काढितां येत्ये त्या धर्मास तंतुभवनार्हता असें ह्मणतात. ज्या धातु अतिशय घनवर्धिष्णु त्याच अतिशय तंतुभवनार्ह असतात असें नाहीं. उदाहरण – कथील आणि शिसें यांचीं हातवड्यानें ठोकून ठोकून पातळ पानें करितां येतात, परंतु त्यांची तार काढितां येत नाहीं.

फार बारीक तार निवण्याजोगी धातु ह्मटली ह्मणजे प्लाटिनम् ही होय. या धातूची तार एक्या इंचा-च्या $\frac{१}{३००००००}$ एवढ्या व्यासाची निघत्ये.

प्रकुटयता.

ज्या धर्माच्या योगानें पदार्थ सहजावृत्त्या भंग-ले जात नाहींत त्या धर्मास **प्रकुटयता** अथवा **चि-वटपणा** असें ह्मणतात. हा धर्म पदार्थांतील प्रकृत्यं-शांमध्यें जें विशेष आकर्षण असतें त्यामुळें उत्पन्न होतो. सर्व पदार्थांमध्यें पोलाद ही धातु फार चि-वट आहे. एक्या इंचाच्या शतांशाएवढ्या व्यासाची पोलादाची तार ६७ शेर वजन तोलून धरित्ये, आणि तेवढीच प्लाटिनम्‌ची तार ८ शेर धरित्ये, आणि शिशाची एक शेरमात्र तोलून धरित्ये.

या भागांत लिहिलेल्या सर्व

विषयांचा गोषवारा.

पदार्थांच्या ज्या धर्मांचें वर विस्तारेंकरून व-र्णन केलें आहे त्या सर्व धर्मांची संगतवार जुळणी शिकणारांच्या मनांत ठसावी याकरितां त्यांचें संक्षेपें-करून पुनः निरूपण करितों.

पदार्थांचे **सांसिद्धिक धर्म** सहा आहेत: त्यांचीं नावें—निर्भेद्यता, परिमेयता, आकृति, विभाज्यत्व, जडत्व आणि **आकर्षकत्व**. आकर्षकत्वापैकीं गुरुत्वाकर्षकत्वाचामात्र सांसिद्धिक धर्मांत अंतर्भाव होतो; परंतु स्नेहाकर्षकत्व, रसायनाकर्षकत्व, लोहचुंबकाकर्षकत्व, आणि विद्युदाकर्षकत्व असे जे आकर्षकत्वाचे दुसरे भेद आहेत त्यांची औपाधिक धर्मांतच गणना होत्ये; कारण, उपाधिभेदेंकरून त्यांचाफेरफार होतो.

ज्या शक्तीच्या योगानें प्रकृत्यंश एकमेकांस आपआपणापासून दूर लोटीत असतात ती शक्तिच **उष्णता** होय. ही उष्णता पदार्थांत अधिकउणी असल्ये, यामुळेंच त्यांस **अप्रवाही, प्रवाही,** आणि **वायुरूप** अशीं स्वरूपें प्राप्त होतात; आणि हिच्याच न्यूनाधिकतेमुळें **आकुंचन, मणिभवन, थंडी, प्रसरण, थिजणें, प्रवाहीकरण, बाष्पकरण, बाष्पभवन** आणि **अग्निकरण** हीं घडण्यांत येतात.

पदार्थांचे **औपाधिक धर्म** दहा वर्णिले आहेत: त्यांचीं नावें—दार्ढ्य, वैरल्य अथवा सच्छिद्रता, संकोच्यता, स्थितिस्थापकता, प्रसरणशीलता, काठिन्य, भंगशीलता अथवा ठिसूळपणा, घनवर्धिष्णुता, तंतुभवनार्हता, आणि प्रकुट्यता अथवा चिवटपणा.

चलन आणि प्रेरणा.



सामान्य विवरण.

एक्या स्थानापासून दुसऱ्या स्थानाकडे जाणें ह्मणजे स्थिरताविरुध्ध जो व्यापार त्यास चलन असें ह्मणतात.

पदार्थांच्या धर्मांविषयीं पूर्वीं ज्या व्याख्या लिहिल्या आहेत त्यांवरून असें समजतें कीं, पदार्थ स्वतः निर्जीव आणि जड आहे, आणि तो स्थिर असतां त्यास आपल्या जडत्वरूप धर्मामुळें जसें आपोआप चलन पावतां येत नाहीं, तसेंच त्याच्या अंगीं चलन उत्पन्न झालें ह्मणजे त्यास त्याच धर्मामुळें आपोआप स्थिरही होतां येत नाहीं; आणि तें चलन त्यास जितक्या वेगाचें व ज्या दिशेकडे प्राप्त होतें, तितक्याच वेगानें व त्याच दिशेकडे दुसरा कांहीं व्याक्षेप नआला तर तो एकसारखा चालता राहतो.

या सृष्टींत वास्तव स्थिरतेचें उदाहरण एकही आढळण्यांत येत नाहीं; स्थिरतेचीं जीं जीं उदाहरणें आपल्या पाहण्यांत येतात, त्या सर्वांत ती स्थिरता इतरसापेक्ष असत्ये, वास्तव नसत्ये — ह्मणजे पृ-

ष्वीच्या अनुरोधानें पाहिलें असतांमात्र पदार्थांच्या अंगीं स्थिरता भासत्ये, परंतु ब्रह्मांडाच्या संबंधानें पाहिलें असतां त्यांच्याठायीं स्थिरता नसत्ये. जांतें फिरत असतां त्याजवर जर एकादा किडा बसलेला असला तर तो फिरत्या जांत्याच्या अनुरोधानें पाहिला असतां जसा स्थिर नाहीं, तसा धोंडा वरून खालीं पृथ्वीवर पडला असतां तो स्थिर झाल्यासारखामात्र भासतो, परंतु ब्रह्मांडांत त्यापेक्षां पृथ्वीच फिरत आहे, त्यापेक्षां तिच्या पृष्ठावरील धोंडाही तिजबरोबर फिरत आहे असें समजलें पाहिजे. याकरितां पदार्थ स्थिर झाला असें ह्मटलें ह्मणजे मनांत असें आणिलें पाहिजे कीं, तो वास्तविक स्थिर झाला नाहीं, त्याचें स्थिर होणें इतरसापेक्ष झालें आहे. तात्पर्य, या सृष्टींत वास्तव स्थैर्य ह्मणून कोठें नाहीं, असें अनुमान होतें. सर्व ग्रह सूर्याभोंवतीं फिरत आहेत आणि स्वतः सूर्यही आपल्या आंसाभोंवतीं फिरत आहे. हाल्लीं बहुतेक ज्योतिःशास्त्रवेत्ते असें मानितात कीं, सूर्यास स्वकीय आंसाभोंवतीं फिरण्याची गति असून दुसरी अंतरालांत पुढें जाण्याचीही गति आहे, आणि तो आपल्या ग्रहगणासहवर्तमान दुसऱ्याच एका मध्याभोंवतीं फिरत आहे.

साधारण अनुभवावरून असें वाटतें कीं, पदार्थांच्या अंगीं स्थैर्यावस्थेंत राहण्याची जशी स्वाभावि-

क प्रवृत्ति आहे, तशी चलनावस्थेंत राहण्याची नाहीं; परंतु पोक्त विचार करून पाहिलें असतां, पदार्थाच्या अंगीं एकदां चलन उत्पन्न झाल्यावर त्यास जर कशाचा प्रतिबंध झाला नाहीं तर तो आपली चलनावस्था कधीं सोडायाचा नाहीं, असें लक्षांत येईल. आतां या सिध्धांताविषयीं अशी शंका येत्ये कीं, पृथ्वीवरील पदार्थांच्या अंगीं जरी चलन उत्पन्न केलें, तरी ते कांहीं वेळ चलनावस्थेंत राहून पुनः स्थिर कां होतात? सदोदित चलनावस्थेंतच राहतांना आपल्या दृष्टीस कां पडत नाहींत? उदाहरण — एक धोंडा वर फेंकला असतां तो पुनः जमीनीवर येऊन स्थिर होतो; चाकास फिरविलें असतां तें आपल्या आंसावर कांहीं वेळ फिरून नंतर स्थिर होतें; आणि चेंडू भुईवर फेंकला असतां तो तिजवरून कांहीं वेळ गडबडत जाऊन शेवटीं थांबतो. तर असें होण्याचें कारण हेंच कीं, पृथ्वीवरील पदार्थांच्या अंगीं चलन उत्पन्न झालें तरी आकर्षण, घर्षण, आणि वायु यांचा त्या चलनास प्रतिकूल असा व्यापार चालू होऊन ते पदार्थ स्थिर होतात. परंतु हीं जीं चलनास प्रतिकूल कारणें तीं जर कदाचित् दूर करितां आलीं, तर पृथ्वीवरील पदार्थ जसे सर्वकाळ स्थैर्यावस्थेंत राहतांना आपल्या दृष्टीस पडतात तसे ते सदोदित चलनावस्थेंतही राहतांना दृष्टीस पडतील.

पदार्थ सदोदित चलनावस्थेंत असतात याचें उदाहरण आकाशांतील ग्रहगणामध्यें चांगलें दृष्टीस पडतें. सूर्याभोंवतीं जे ग्रह फिरतात, ते सदोदित चलनावस्थेंत असतांना आपल्या नेहेमीं पाहण्यांत येतात. त्यांवर पूर्वीं सांगितल्याप्रमाणें ध्रुवाकर्ष आणि ध्रुवोत्सार या दोहों प्रेरणांचा व्यापार सदोदित एकसारखा घडत असतो; आणि त्यांस घर्षण व वायु यांचा प्रतिबंध होत नाहीं, कारण ते ज्या अवकाशांतून फिरतात तो अवकाश केवळ शून्यप्राय असतो; यास्तव त्यांच्या सततगतीस प्रतिबंध होत नाहीं. पृथ्वीवरील पदार्थांतही सततगति उत्पन्न करण्याविषयीं शिल्पशास्त्राच्या आधारानें बहुत युक्ति करून पाहिल्या परंतु घर्षणाचा अगदीं नाश करून टाकितां येत नाहीं यामुळें त्या युक्ति तडीस गेल्या नाहींत.

साधारण दृष्टीनें पाहिलें असतां, पृथ्वीवरील पदार्थ स्थिर आहेत, त्यांस प्रेरणा दिल्यावांचून त्यांच्या अंगीं चलन उत्पन्न होत नाहीं, मग ती प्रेरणा कृत्रिम असो, अथवा अकृत्रिम असो. हातानें सूत काढण्याच्या राहाटाच्या अंगीं जी गति उत्पन्न होत्ये ती, कृत्रिम (ह्मणजे कृतीनें उत्पन्न केलेल्या) प्रेरणेनें होत्ये; आणि वाऱ्याच्या योगानें गलबतास जी गति प्राप्त होत्ये ती, अकृत्रिम (ह्मणजे कृतीवांचून उत्पन्न झालेल्या) प्रेरणेनें होत्ये. भरती ओहोटी किं-

वा पाण्याचा प्रवाह, वायूचा प्रवाह, केशाकर्षण, इत्यादिक गति उत्पन्न करणाऱ्या पुष्कळ अकृत्रिम प्रेरणा आहेत; आणि त्यांपासून मनुष्यें कलाकौशल्यांमध्यें आपलें बहुत कार्य साधून घेतात. प्राणिमात्रामध्यें जें चलन उत्पन्न होतें त्याचें मूळ बीज, त्यांच्या शरीरांत जी जीवकला आहे, तिच्या आधीन आहे. त्या चलनाच्या स्वरूपाचा मनुष्यास अद्यापकालपर्यंत शोध लागला नाहीं, व त्या चलनाविषयीं या ठिकाणीं कांहीं लिहिण्याचेंही प्रयोजन नाहीं. ज्या कृत्रिम अथवा अकृत्रिम प्रेरणांच्या योगानें पदार्थ स्थिर असतां त्यांस चलित करतां येतें, अथवा चलित असतां स्थिर करितां येतें, अथवा त्यांच्या चलनांत हवा तसा फेरफार करितां येतो, त्या प्रेरणांचा मात्र या ठिकाणीं विचार कर्तव्य आहे.

प्रेरणेच्या अनुरोधानें पदार्थांच्या चलनांत नानाप्रकारचे फेरफार होतात. पदार्थांची गति शीघ्र किंवा मंद होणें, अथवा ती सरळ किंवा वक्रहोणें, अथवा सम किंवा विषम होणें, अथवा वर्धमान किंवा क्षीयमाण होणें, हें, आणि एक पदार्थ दुसऱ्या पदार्थांच्या आधारानें किंवा संबंधानें चालणें, हें सर्व, प्रेरणा ज्या रीतीनें पदार्थांवर घडत्ये त्या रीतीच्या अनुरोधानें होतें.

या प्रकारांपैकीं कांहीं प्रकारांचें आतां विवे-

चन करितों; परंतु हें विवेचन करतांना जे कित्येक पारिभाषिक शब्द येणार आहेत त्यांचा भाषेच्या संबंधानें अर्थविपर्यास नव्हावा ह्मणून त्यांचे जे एथे विवक्षित अर्थ आहेत ते प्रथम सांगतों.

दोन अथवा दोहोंपेक्षां अधिक पदार्थ ज्यावेळेस एकमेकांस लागून अथवा एकमेकांसहवर्तमान फिरत असतात, अथवा लागलेले नसून एकाच रीतीनें व एकाच वेगानें फिरत असतात, त्या वेळची जी त्यांची गति तीस साधारण गति असें ह्मणतात. जेव्हां पदार्थ अंतरालामध्यें एका प्रदेशापासून दुसऱ्या प्रदेशीं जातो, अथवा तो दुसऱ्या स्थिर पदार्थापासून दूर जातो, किंवा त्याकडे येतो, तेव्हांची जी त्याची गति, तीस स्वतंत्र गति असें ह्मणतात. पृथ्वी स्थिर आहे असें मानलें असतां जमीन अर्थातच स्थिर झाली; तेव्हां समुद्रांतून चालणाऱ्या गलबताची जी गति ती त्याची स्वतंत्र गति आहे, असें ह्मटलें पाहिजे. दोन पदार्थ चालू असतां त्यांतील एका पदार्थाच्या गतीच्या संबंधानें जी दुसऱ्या पदार्थाची गति तीस ससंबंधिक गति अशी संज्ञा देतात. जर दोन पदार्थ एकाच दिशेकडे जात असले तर त्यांची ससंबंधिक गति त्यांच्या गतींच्या वजाबाकीपासून निघत्ये, आणि विरुध्द दिशांकडे जात असले तर त्यांच्या गतींच्या बेरजेपासून निघत्ये.

एकाद्या पदार्थास प्रेरणा दिली असतां, तिचें कार्य कांहीं प्रतिबंधामुळें अथवा दुसऱ्या प्रेरणेच्या विरुध्द व्यापारामुळें कुंठित होऊन तिजपासून जेव्हां चलन उत्पन्न होईनासें होतें, तेव्हां त्या प्रेरणेस **दाब** असें ह्मणतात; आणि या ज्या परस्परांचीं कार्यें कुंठित करणाऱ्या प्रेरणा त्या **समतोल** होऊन पदार्थास **समतोलनांत** राखितात असें ह्मणतात.

पदार्थाच्या गतीचें जें मान त्यास त्या पदार्थाचा **वेग** असें ह्मणतात; आणि कांहीं नियमित काळांत समान गतीनें पदार्थ जितकी जागा क्रमितो, ह्मणजे जितक्या अंतरावर जातो, तितक्या अंतरानें तो वेग मोजितात. उदाहरण—पदार्थ एका पळांत जर वीस हात चालत असला तर त्याचा वेग दर पळास वीस हात आहे असें ह्मणतात.

ज्या गतीचें मान एक सारखें असतें त्यागतीस **समगति** असें ह्मणतात. ज्या गतीचें मान उत्तरोत्तर वाढत जातें त्या गतीस **वर्धमानगति** असें ह्मणतात. ज्या गतीचें मान उत्तरोत्तर कमी होत जातें त्या गतीस **क्षीयमाणगति** असें ह्मणतात. ज्या प्रेरणेपासून वर्धमान अथवा क्षीयमाण गति उत्पन्न होत्ये, त्या प्रेरणेसही अनुक्रमें **वर्धमान प्रेरणा** अथवा **क्षीयमाण प्रेरणा** असें ह्मणतात.

प्रेरणा दोन प्रकारची आहे; एक **सकृत्प्रेरणा**,

आणि दुसरी **सततप्रेरणा.** ज्या प्रेरणेचा व्यापार एकेवेळच घडतो ती **सकृत्प्रेरणा** होय; आणि जिचा व्यापार प्रतिक्षणीं पुनःपुनः घडत असतो ती **सततप्रेरणा** होय. जी सततप्रेरणा समान मानानें घडत असत्ये तीस **समप्रेरणा** असें ह्मणतात; आणि जी विषम मानानें घडत असत्ये तीस **विषमप्रेरणा** असें ह्मणतात.

पदार्थ चालू झाल्यावर जो त्याच्या अंगीं जोर येतो त्यास **चालकत्व** असें ह्मणतात. चालकत्व आणि वेग यांच्या मध्यें फार भेद आहे. एक हलका आणि एक जड असे दोन पदार्थ चालू केले असतां ते समान वेगानें चालतील, परंतु हलक्या पदार्थाच्या अंगीं चालकत्व थोडें येईल, आणि जड पदार्थाच्या अंगीं चालकत्व विशेष येईल. उदाहरण – एका लहान खडा आणि एक मोठा धोंडा हे दोनही सारख्याच उंचीवरून सोडून दिले असतां, लहान खडा जमिनीवर येऊन पडेल तो कदाचित् समजणारही नाहीं; परंतु मोठा दगड फार जोरानें येऊन जमिनीवर आदळेल, आणि तो खालीं पडत असतां जर एकाधा पदार्थ आड आला तर त्याचाही तो चुरा करून टाकील. चालकत्व हें पदार्थांतील प्रकृत्यंश आणि त्याचा वेग यांच्या प्रमाणानें असतें; आणि तें पदार्थाचें वजन आणि त्याचा वेग यांच्या गुणाकाराइतकें असतें. उदाहरण – बाराशेर वजनाचा

एक पदार्थ एका पळांत २० हात इतक्या वेगानें जर चालत असला तर त्याचा जोर अथवा चालकत्व, २० आणि १२ यांच्या गुणाकाराइतकें, ह्मणजे २४० होईल.

साधारण प्रेरणांच्या योगानें जी गति उत्पन्न होत्ये तिचा विचार करण्याच्या अगोदर पदार्थांचा आधार सुटून ते भूमीवर पडूं लागले ह्मणजे त्यांच्या केवळ पतनानेंच जीं कार्यें घडतात त्यांचा विचार करितों.

चलननियम.

एका स्थानापासून दुसऱ्या स्थानाकडे जाणें, ह्मणजे स्थिरताविरुद्ध जो व्यापार त्यास चलन ह्मणतात, असें पूर्वीं लिहिलें आहे; आणि दुसरी अशी गोष्ट लिहिली आहे कीं, पदार्थांच्या अंगीं जडत्वरूप धर्म आहे, ह्मणून ते स्थिर असतां प्रेरणेवांचून त्यांच्या अंगीं चलन उत्पन्न होत नाहीं, आणी ते चलनविशिष्ट असतां विरुध प्रेरणा घडल्यावांचून त्यांस स्थिरही होतां येत नाहीं.

सर ऐझाक न्यूटन ह्मणून जो एक महाविद्वान होऊन गेला त्याणें पदार्थांची स्थिति व गति यांच्याविषयीं तीन सिध्धांत ठरविले आहेत; ते खालीं लिहिल्याप्रमाणें:—

पाहिला सिद्धांत — पदार्थास प्रेरणेवांचून आप-

ल्या अवस्थेमध्यें पालट करितां येत नाहीं — ह्मणजे तो जर स्थिर असला आणि त्यावर एकाधी प्रेरणा घडली नाहीं तर त्यास स्थिर राहावें लागतें, आणि चलित असल्यास त्यास सरळ रेषेंत समान गतीनें एकसारखें चालावें लागतें.

दुसरा सिद्धांत — चलनविशिष्ट पदार्थावर एकाधी प्रेरणा घडली असतां जो त्याच्या चलनांत फेर पडतो तो त्या प्रेरणेच्या प्रमाणांत असतो, आणि ती प्रेरणा ज्या दिशेकडे घडल्ये त्याच दिशेकडे तो फेर पडतो.

तिसरा सिद्धांत — आघात आणि प्रत्याघात हे नेहेमीं समान असतात, आणि त्यांचा व्यापार परस्परविरुद्ध दिशांत घडतो — ह्मणजे एक पदार्थ दुसऱ्या पदार्थावर जितक्या जोरानें आपटतो तितक्याच जोराचा दुसऱ्या पदार्थाचा धक्का पहिल्या पदार्थावर उलट बसतो; आणि पहिल्याचा धक्का दुसऱ्यावर ज्या दिशेकडून बसतो त्या दिशेच्या उलट दिशेकडून दुसऱ्याचा धक्का पहिल्यावर बसतो.

आतां या तीनही सिद्धांतांचें वेगळें वेगळें विवरण करितों. पहिल्या सिद्धांतांत तीन गोष्टींचा विचार केला पाहिजे — प्रथम, गतीच्या सातत्याविषयीं; दुसरें, गतीच्या समतेविषयीं; आणि तिसरें, गतीचा रोंख सरळ रेषेंत असतो याविषयीं.

पहिला सिद्धांत – सरळ रेषेंत समगति.

पदार्थांत एकदां चलन उत्पन्न झाल्यावर त्यास कशाचा प्रतिबंध झाला नाहीं तर तो आपल्या जडत्व रूप धर्मामुळें एकसारखा सतत चालू राहील, कधीं थांबायाचा नाहीं, परंतु आकर्षण, घर्षण, आणि हवा, यांच्या प्रतिबंधामुळें पृथ्वीवरील पदार्थांत सतत व समान गति उत्पन्न करितां येत नाहीं, याविषयीं जो पूर्वीं विचार केला आहे, त्यावरून पाहतां, चलननियमांचें स्पष्ट विवरण करायास आकाशांतील पदार्थांचीं उदाहरणें घेतलीं पाहिजेत; कारण, त्यांमध्यें वर लिहिलेले प्रतिबंध नसल्या कारणानें सतत व समान गति सदा सर्वदां दृष्टीस पडत्ये. उदाहरण पृथ्वी – ही हजारों वर्षांपूर्वीं ज्या क्रमानें व ज्या नियमानें फिरत होती त्याच क्रमानें व त्याच नियमानें सांप्रतकाळींही फिरत आहे; आणि तिच्या फिरण्यांत असा नियमितपणा व सातत्य आहे, यामुळें ज्योतिःशास्त्रवेत्त्यांस सूर्यचंद्रादिकांचीं ग्रहणेंवगैरे हजारों वर्षें अगोदर वर्तवितां येतात.

पदार्थास चलन प्राप्त झालें असतां त्यानें समगतीनें सतत चालत राहावें, हा धर्म जसा त्यास स्वाभाविक आहे, तसाच पदार्थानें निघाल्या स्थलापासून

एकेच सरळ रेषेंत सतत जात राहावें हाही धर्म त्यास स्वाभाविकच आहे. आपण अशी कल्पना करावी कीं, एका पदार्थास चलन प्राप्त होऊन तो कांहीं एका वेगानें चालत आहे, व त्याच्या गमनास कशाचा प्रतिबंध होत नसून त्यास दुसरीकडे वळविण्यास त्याजवर दुसऱ्या कशाचें आकर्षणही घडत नाहीं. अशी कल्पना केली असतां आपल्या लक्षांत स्पष्ट येतें कीं, त्या पदार्थास आपल्या जडत्वामुळें सतत एकसारखें एकेच दिशेंत सरळ जात राहिलें पाहिजे; कारण कीं, त्यास ती दिशा सोडून दुसरीकडे वळण्यास कांहीं कारण दिसत नाहीं.

स्थिर पदार्थास चालू करायास जशी प्रेरणा लागत्ये त्याप्रमाणेंच चालूपदार्थास स्थिर करायासही प्रेरणा लागत्ये, असें याच सिद्धांतावरून स्पष्ट होतें. एक धोंडा घेऊन तो जर आपण फेंकला तर त्याच्या अंगीं पुढें जाण्याचा झोंक येतो, आणि अशा संधीस जर एकाधा पदार्थ त्यास आडवा आला तर त्यावर तो धोंडा आपटून आपल्या आंगचें सर्व चलन त्यास दिल्याशिवाय त्याच्यानें थांबवत नाहीं. या सिद्धांतावरून दुसरी अशी एक गोष्ट फलित होत्ये कीं, गाडी एकदां चालू झाली ह्मणजे ती चालू ठेवण्याकरितां जी प्रेरणा लागत्ये ती गाडीच्या आंगची गति आपोआप नाहींशी होऊन जाईल ह्मणून लागत्ये असें

नाहीं, तर गाडीस रस्त्यावरील घर्षणादिकांचा जो प्रतिबंध होतो तो दूर करण्याकरितां लागत्ये, यास्तव घर्षणादिकांचा प्रतिबंध दूर होई इतक्या बेताची ती प्रेरणा असली ह्मणजे गाडी एकसारखी चालू राहत्ये, आणि रस्त्यास चढ व खडबडीतपणा जितका जितका कमी तितकें तितकें त्यावरून गाडी ओढण्यास बळही कमी पुरतें.

पदार्थांच्या अंगीं एकदां चलन उत्पन्न केल्यावर त्यांचा वेग कमी होतां अथवा ते स्थिर होतां जर दृष्टीस पडले तर आपण असें अनुमान करावें कीं, त्यांच्या चलनास कशाचा तरी प्रतिबंध झाला आहे, कारण त्यांस आपल्या जडत्वरूप धर्मामुळें आपोआप कधींही स्थिर होतां यावयाचें नाहीं. याप्रमाणेंच ज्या पदार्थास चलन प्राप्त झालें आहे ते पदार्थ सरळ रेषेंत चलन नपावतां जर वांकडे वांकडे चालूं लागले तर असें समजावें कीं, त्यांचा सरळ रेषेंत जाण्याचा रोख मोडून टाकणारी अशी दुसरी एकाधी प्रेरणा त्यांवर घडत आहे.

दुसरा सिद्धांत — गमनदिशा.

या सिध्दांतामध्यें पदार्थावर कांहीं एक प्रेरणा घडली असतां तो कोणत्या दिशेस जाईल याचा विचार केला आहे. यांत असें सांगितलें आहे कीं, प्रेरणा पदार्थास

ज्या दिशेकडे लोटिल्ये त्या दिशेंत तो सरळरेषेंत चालू होतो. जर आपण चेंडू घेऊन वर फेंकला तर तो वरच जाईल, जर उजव्येकडून डाव्येकडे फेंकला तर तो डाव्येकडे जाईल, आणि डाव्येकडून उजव्ये- कडे फेंकला तर तो उजव्येकडे जाईल. या निय- मांत दुसरीही एक गोष्ट सांगितली आहे कीं, पदार्थावर प्रेरणा जितक्यामानाची घडत्ये तितक्याच मानाची त्या- स गति प्राप्त होत्ये.

वर नुकतीच एक गोष्ट लिहिली आहे कीं, पदा- र्थ चालत असतां त्याणें जर सरळ रेषेंत जाण्याचा आपला रोंख सोडिला तर पूर्वीं ज्या प्रेरणेपासून त्या- स चलन प्राप्त झालें आहे ती खेरीज दुसऱ्या एका- द्या प्रेरणेचा व्यापार त्यावर घडत आहे असें अनु- मान करावें. आणि या दुसऱ्या नियमापासून अ- सें समजतें कीं, पदार्थ सरळ रेषा सोडून ज्या दिशेकडे वळतो त्याच दिशेकडे ती दुसरी प्रेरणा घडत आहे. उदाहरण — आपण हातांत एक धोंडा घेऊन जर तो आडवा फेंकला तर तो प्रथम नियमाप्रमाणें सरळ रे- षेंत पुढें नजातां खालीं उतरूं लागतो; यावरून असें अनुमान होतें कीं, त्या दगडावर दुसरी एक प्रेरणा घडत आहे, आणि ती खालच्या बाजूकडून घडत आहे. ही दुसरी प्रेरणा पृथ्वीचें आकर्षण होय. आतां तो दगड वाऱ्याच्या योगानें जर आणखी पश्चिमेकडे झुक-

ला तर वारा पूर्वेकडून पश्चिमेकडे वाहात आहे असें सिद्ध होतें.

पदार्थावर दोन अथवा दोहोंपेक्षां अधिक प्रेरणा जेव्हां एकदम घडतात तेव्हां तो अमुकच दिशेस जाईल हें समजायास या द्वितीय नियमाचा फारच उपयोग पडतो. जर दोन प्रेरणा पदार्थावर पूर्व आणि उत्तर या दोन भिन्न दिशांत एकदांच घडल्या तर त्या पदार्थास त्या दोहों दिशांकडे ह्मणजे शुद्ध पूर्वेस अथवा शुद्ध उत्तरेस एक कालीं जाववत नाहीं; तो त्या दोहोंच्यामध्यें कोणता तरी एकाधा मार्ग धरील, आणि तो अमुकच मार्ग धरील असें याद्वितीय सिद्धांताच्या आधारानें समजतें. यांत सांगितलें आहे कीं, ज्या दिशेस पदार्थावर प्रेरणा घडत्ये त्याच दिशेकडे तो जातो आणि प्रेरणा ज्या मानाची असत्ये त्याच मानाची पदार्थास गति प्राप्त होत्ये. यावरून पदार्थावर दोन प्रेरणा भिन्न दिशांत घडल्या असतां तो त्या दोहोंच्या मधील दिशेंत जाऊं लागतो, आणि त्याच्या जाण्याचा झोंक जी बलवत्तर प्रेरणा असत्ये तिजकडे विशेष असतो. जर दोन्हीं प्रेरणा समान असल्या तर तो अगदीं दोहोंच्या मधोमध जातो असें सिद्ध होतें. प्रेरणांचें एकीकरण केलें असतां ह्मणजे एक्या पदार्थावर दोन अथवा दोहोंपेक्षां अधिक प्रेरणा एकदां-

व लागू केल्या असतां कसकशीं कार्यें घडण्यांत येतात याविषयाचें आतां सविस्तर वर्णन करितों.

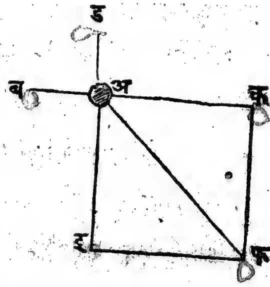
प्रेरणांचें एकीकरण व पृथक्करण यांविषयीं.

दोन अथवा अधिक प्रेरणा एक्या पदार्थांवर भिन्न दिशांत घडून जें कार्य उत्पन्न होतें तें एक्या ही प्रेरणेंकरून उत्पन्न करितां येतें. अशा प्रेरणेस फलितप्रेरणा असें ह्मणतात. उदाहरण — एक तारूं समुद्रांतून चाललें आहे, त्यास वारा वायव्येकडील लागत आहे आणि पाण्याचा प्रवाह ईशान्येकडून नैर्ऋत्येकडे जात आहे, व वारा आणि प्रवाह यांचा जोर सारखाच आहे; तर तें तारूं थेट उत्तर वाऱ्यानें स्थिर पाण्यांत चालल्याप्रमाणें नीट दक्षिणेकडे जाईल.

अशा प्रकारचें मिश्र चलन दाखवायाचें झालें ह्मणजे तें आकृतींनीं दाखवितात; कारण त्या आकृतींच्या ज्या रेघा असतात त्यांच्या योगानें प्रेरणांचीं मानें व त्यांच्या दिशा आणि त्यांपासून जीं कार्यें उत्पन्न होतात तीं, या सर्वांचें स्पष्ट वर्णन करायास सांपडतें. पदार्थांवर समान मानाच्या दोन प्रेरणा भिन्न दिशांत घ-

डून जें चलन उत्पन्न होतें त्याचें उदाहरण यापहिल्या आकृतींत दाखविलें आहे.

आकृति ८

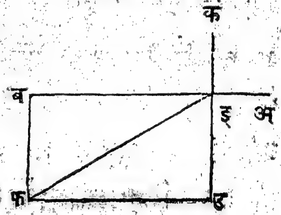


अ यागोळ्यावर ब या ठिकाणीं प्रेरणा घडून तो क कडे चालला आहे. तो तिकडे जात असतां त्यावर अ या ठिकाणीं दुसरी तेवढीच प्रेरणा घडली, ती अशी कीं जितक्या काळांत पहिल्या प्रेरणेच्यायोगानें तो अ पासून कपर्यंत गेला असता तितक्याच काळांत ही दुसरी प्रेरणा अगदीं स्वतंत्र घडली असती तर तिच्यायोगानें तो अ पासून इ पर्यंत जाता, पण आतां ही दुसरी प्रेरणा लागतांच अ पदार्थ त्या दोनही प्रेरणांच्या दिशांत नजातां त्यांच्यामधील अफ दिशेंत जातो. आणि अफ दिशेंत एकच प्रेरणा लावली असतां जें कार्य झालें असतें तेंच कार्य या उभय प्रेरणांपासून उत्पन्न होतें. आतां अक आणि अइ या रेघा बरोबर आहेत; यांच्याशीं समांतर अशा इफ आणि कफ या दोन रेघा केल्या असतां अकफइ हा समांतरबाजू चौकोन झाला, आणि अफ ही ह्याची कर्ण रेघ झाली. ह्मणून अफ या रेघेस या उदाहरणांत समांतरबाजू चौकोनाची कर्णरेषा ह्मणतात.

आतां या दोहों प्रेरणांपैकीं एका प्रेरणेचा जोर अधिक आणि दुसरीचा उणा असा असल्यास खालीं दर्शविल्याप्रमाणें आकृति उत्पन्न होत्ये.

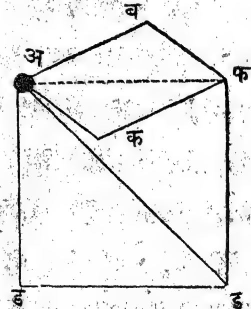
या आकृतींत अ ब दिशेकडील प्रेरणा क ड दिशेकडील प्रेरणेच्या दुप्पट आहे याकरितां इ ड च्या दुप्पट इ ब घेऊन वर सांगितल्याप्रमाणें इ ड फ ब हा समांतरबाजू चौकोन केला असतां त्याची जी इ फ कर्ण रेषा होत्ये तींत तो पदार्थ जातो. इ ब आणि इ ड या दोहों दिशांकडे ज्या प्रेरणा घडतात त्यांस **घटकप्रेरणा** असें ह्मणतात; आणि इ फ दिशेकडे जी एकच प्रेरणा उत्पन्न होत्ये तीस **फलितप्रेरणा** असें ह्मणतात.

आकृति ९



एक्या पदार्थावर भिन्न दिशांत जर तीन प्रेरणा घडत असल्या तर फलितप्रेरणा पुढील रीतीप्रमाणें काढितात. यापुढील आकृतींत अ ब, अ क आणि अ ड अशा तीन दिशांस तीन प्रेरणा घडत आहेत. आतां वर सांगितल्याप्रमाणें

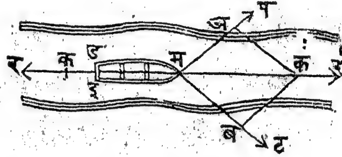
आकृति १०



रीती प्रमाणें अ इ ही प्रेरणा काढावी म्हणजे ती
तिहीं प्रेरणांशीं समान कार्य करणारी फलित प्रेरणा होईल. याप्रमाणेंच एक्या पदार्थावर कितीही प्रेरणा घडत असल्या तरी त्यांची फलित प्रेरणा काढावी अशा प्रकारचें फलित प्रेरणा शोधून काढण्याचें जें कृत्य त्यास **प्रेरणांचें एकीकरण** असें ह्मणतात.

पदार्थावर एकच प्रेरणा घडली असतां जें कार्य उत्पन्न होतें तेंच कार्य ज्या अनेक प्रेरणांच्यायोगानें फलित होतें त्या प्रेरणा शोधून काढण्याचें जें कृत्य त्यास **प्रेरणांचें पृथक्करण** असें ह्मणतात. पुढें जीं उदाहरणें लिहिलीं आहेत तीं पृथक्करणाचीं होत. नदीमध्यें **ड इ म** हें एक तारू आहे. तें जर प्रवाहाच्या योगानें **म क** दिशेकडे खालीं वाहात चाललें तर **प** आणि **ट** याठिकाणीं **म अ** आणि **म ब** या दिशांकडे ओढणाऱ्या दोन प्रेरणा लावल्या

आकृति ११

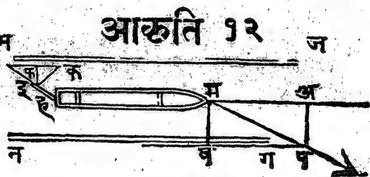


असतां तारू स्थिर करितां येईल. **म क** ही रेघ र प्रवाह दाखविणारी आहे, तिच्या बराबर **म क** रेषा

करून वर लिहिल्याप्रमाणें चौकोन पुराकर ह्मणजे म अ आणि म ब या दोन रेषा सांपडतील आणि त्या अनुक्रमें प आणि ट या प्रेरणा दर्शवितील. यावरून असें सिद्ध झालें कीं, दोन मनुष्य प आणि ट या ठिकाणीं उभे राहून म अ आणि म ब या मानाच्या प्रेरणांनीं जर त्या तारवास दोर लावून ओढतील तर ते त्या तारवास स्थिर करतील. प आणि ट या ठिकाणीं दोन खांब पुरून त्यांस जर ते दोन दोर बांधले तर म अ आणि म ब या दोन प्रेरणा आपली विरुद्ध क्रिया दर्शवितील.

दुसरें उदाहरण. न ग ज भ हा एक काल-वा आहे, यामध्यें ह म हो एक ना-व आहे. तिला म प हा एक दोर बां-धला आहे. आणि

आकृति १२



त्याच्या प शेवटास घोडा लावून ती नाव अ दिशे-कडे ओढीतन्यावयाची आहे.

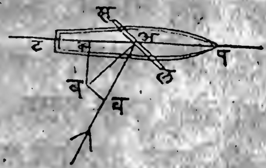
आतां या नावेवर घोड्याची प्रेरणा म प दिशेंत घडणार; आणि या प्रेरणेचें पृथक्करण केलें असतां म ब आणि म अ या घटक प्रेरणा उत्पन्न होतात. या-दोन घटक प्रेरणांपैकीं म अ प्रेरणामात्र आपल्या उपयोगाची आहे. आणि म ब प्रेरणा आपल्यास

उपयोगी नसून उलटी प्रतिकूळ आहे. कारण ती नावेस तिर्कस करून तिचें म टोंक न ग किनाऱ्याकडे आणायास पाहात्ये. ह्मणून या म ब प्रेरणेचें कार्य नाहींसें करण्याकरितां आपल्यास कांहींतरी युक्ति योजिली पाहिजे. ती युक्ति अशी. नावेच्या पाठी मागल्या ह टोंकाकडील ह इ सुकाणू भ ज किनाऱ्याकडे वळविलें. या सुकाणावर नाव पुढें चालू लागली ह्मणजे पाणी संत असल्यामुळें त्याची उलट थाप नावेच्या दिशेकडून बसत्ये. आतां ही पाण्याच्या थापेची प्रेरणा दाखविण्याकरितां क ड रेघ घेऊन तिचें पृथक्करण केलें असतां क इ आणि इ ड या घटक प्रेरणा उत्पन्न होतात. या दोहोंपैकीं जी क इ प्रेरणा सुकाणास लंबरूपानें दाबत्ये ती मात्र आपल्या उपयोगी आहे. दुसरी इड प्रेरणा सुकाणाशीं समांतर ह्मणजे त्याच्याच दिशेंत असल्यामुळें ती निष्फल आहे. आतां ही जी सुकाणावर क इ प्रेरणा घडली हिचें नावेवर किती कार्य झालें हें समजण्याकरितां तिचें पृथक्करण करून तिच्या क फ आणि फ इ या दोन घटक प्रेरणा काढिल्या, या दोहोंपैकीं क फ ही प्रेरणा उपयोगी नसून उलटी नावेस थोडी मागें हटवायास पाहत्ये, यामुळें पुढील म अ प्रेरणेच्या कार्यांत कमताई पडत्ये. दुसरी जी फ इ प्रेरणा ती नावेच्या मागल्या टोंकास लंबरूपानें दाबीत अस-

त्यामुळें ती तिचें पुढील तोंड भ ज किनाऱ्याकडे वळवायास पाहून म ब प्रेरणेचें कार्य कुंठित करित्ये. या दोनही विरुद्ध प्रेरणा समान झाल्या ह्मणजे त्यांचीं कार्यें परस्परें नाश पावून ती नाव नीट म अ दिशेंत जाऊं लागत्ये. परंतु या दोनही प्रेरणांचा व्यापार नावेच्या एकाच बाजूकडून घडत असल्यामुळें त्या तिला न ग किनाऱ्याकडे ढकलूं लागतात; हें बंद करण्याकरितां सुकाणूं अंमळसें अधिक तिर्कस करावें; कारण कीं नावेची लांबी व आकृति या तिला पुढें जाण्यास फार सोईच्या व बाजूस जाण्यास फार गैर सोईच्या आहेत या कारणास्तव तिला बाजूकडे जाण्यापेक्षां पुढें जाण्यास फार अल्प आयास लागतो.

दुसरी एक ट प नाव त्याच दिशेस ह्मणजे ट प दिशेस न्यावयाची आहे. तिच्या स ल शिडावर व अ दिशेकडून तिर्कस वारा लागत आहे. आतां व अ चें पृथक्करण करून त्याच्या व ब आणि ब अ या घटकप्रेरणा काढिल्या; यां पैकीं व ब ही प्रेरणा शिडाशीं समांतर ह्मणून ती निरुपयोगी, दुसरी ब अ प्रेरणा शिडास लंबरूपानें ढकलत्ये ह्मणून ती मात्र उपयोगी आहे. तिणें

आकृति १३

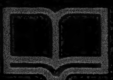


जोर शिडावर पडतो त्यापैकीं नावेस ट प दिशेस किती उपयोगीं आहे हें समजण्याकरितां ब अ प्रेरणेचें पृथ-क्करण करून तिच्या ब क आणि क अ या दोन घ-टक प्रेरणा काढिल्या, या दोहोंपैकीं क अ ही प्रेरणा नावेच्या शुद्ध पाठीकडली ह्मणून ती मात्र उपयोगी आहे व दुसरी ब क प्रेरणा ही उपयोगाची नसून उलटी गलबतास बाजूकडेस ह्मणजे ब क दि-शेसमात्र ढकलत्ये. परंतु मागील उदाहरणांत सांगित-ल्याप्रमाणें नावेची आकृति व सुकाण यांच्या अनु-कूलतेनें नावेस इष्ट दिशेस नेतां येतें. नाव जर चालत असली तर सुकाणाच्या योगानें तीस सभोंवतें ह्मावें त्या दिशेस फिरवितां येतें.

सिद्धांत तिसरा — आघात आणि प्रत्याघात यांविषयीं.

आघात आणि प्रत्याघात हे नेहेमीं समान असतात आणि ह्यांचा व्यापार परस्पर विरुध्ध दिशांत घडतो.

कोणत्या एका पदार्थाचा जो प्रहार त्यास **आघात** असें ह्मणतात. उ० विटीवर दांडूचा जो टोला बसतो तो



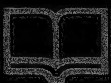


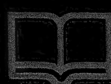
आघात होय. दगडानें सुपारी फोडल्येवेळेस दगडाचा सुपारीवर जो टोला बसतो तोही आघातच होय. पाल्यावर वरवंट्यानें एकादा पदार्थ वाटल्येवेळेस त्या पदार्थावर जो वरवंट्याचा भार पडतो तोही आघातच होय. एक पदार्थ दुसऱ्या पदार्थावर आपटला असतां पहिला पदार्थ जितक्या जोरानें दुसऱ्यावर आपटतो तितक्याच जोराचा पहिल्यावर दुसऱ्याचा जो उलट धक्का बसतो त्यास प्रत्याघात असें ह्मणतात.

एक्या मजबूत दगडावर जर आपण घण मारला तर जितक्या जोरानें तो घण त्या दगडावर आपटतो तितक्याच जोराचा घणावर त्या दगडाचा उलटा तडाका बसतो. परंतु तो दगड हालण्यासारखा मात्र नसावा, कारण तसा असल्यास त्याच्या अंगीं चालकत्व उत्पन्न होऊन त्याचा प्रत्याघात कमी होतो. एक चेंडू घेऊन तो जर आपण भिंतीवर मारला तर भिंतीचा त्यावर प्रत्याघात होऊन तो परत येतो. परंतु तोच चेंडू तितक्याच जोरानें जर एका तावदानावर मारिला तर त्या तावदानाच्या अंगीं तितक्या जोराचा त्या चेंडूवर उलट प्रहार करण्याची शक्ति नसल्यामुळें तावदान फुटून जातें. या उदाहरणांत जर आपण अशी कल्पना केली कीं, चेंडूची आघातशक्ति ४ आणि तावदानाची प्रत्याघातशक्ति २ आहे, तर तो चेंडू त्या तावदानास फोडून पलीकडे

तशक्तीच्या तावदानावर लागला तर तें तावदान फुटायाचें नाहीं, आणि त्या चेंडूची बाकी राहिलेली शक्ति नाहींशी होऊन तो तेथल्या तेथें जमीनीवर पडेल. अशा प्रकारें आघात आणि प्रत्याघात हे समान होतात.

एक्या मनुष्याची अशी गोष्ट सांगतात कीं, त्यास आघात आणि प्रत्याघात यांचा नियम चांगला माहीत होता, त्यामुळें त्याणें अशी पैज मारली कीं, जर मला कोणी अमुक द्रव्य देईल तर मी जमीनीवर उताणा निजून छातीवर ऐरण घेतों आणि ज्याला जितकी शक्ति असेल तितक्या शक्तीनें त्याणें या ऐरणीवर हातवडा मारला असतां मी सोशितों. अशी पैज मारणारास ऐरणीचें ओझें सोसायाची मात्र शक्ति पाहिजे, तेवढी असली ह्मणजे ऐरणीवरील ठोक्यानें त्यास कांहीं इजा व्हावयाची नाहीं, कारण ऐरणीच्या बेतानें पाहिलें असतां हातवडा फार हलका याकरितां त्यापासून त्याच्या दुप्पट चालकत्व जरीं ऐरणीस आलें तरीं तिच्या जडपणामुळें तिच्या अंगीं फारच थोडा वेग उत्पन्न होऊन समजुतीस येण्यासारखा धक्का खालच्या मनुष्यास बसणार नाहीं. ऐरणीच्या ठि-





काणीं तिच्या वजनाचा जर एक धोंडा ठेविला तर ऐरणीपेक्षां त्याची स्थितिस्थापकशक्ति कमी असल्यामुळें धक्का त्याहून ही कमी बसेल, कारण जे पदार्थ स्थितिस्थापक नसतात त्यांच्या आघातप्रत्याघातांपेक्षां स्थितिस्थापक पदार्थांचे आघातप्रत्याघात दुपटीनें अधिक घडतात.

आपल्यास जमीन वगैरे पदार्थांवरून जें चालतां येतें त्यास प्रत्याघातच कारण होय, कांकीं आपण चालते वेळेस भुईवर आपल्या पायांचा जितका आघात होतो तितका जमीनीचा आपल्या पायांवर प्रत्याघात होऊन त्यांस नेट सांपडतें, आणि पुढें लवकर लवकर चालतां येतें. परंतु आपण रेतींतून अथवा चिखलांतून चालूं लागलों ह्मणजे आपल्या पायांवर तितका प्रत्याघात होत नाहीं ह्मणून चालण्यास विशेष आयास लागतो. हवेमध्यें जी थोडी बहुत प्रत्याघातशक्ति आहे तिचा पक्ष्यांच्या पंखांवर व्यापार घडून त्यांस उडतां येतें. तसेंच पाण्यांतून माशांस ही पोहोंतां येतें. खलाशी लोक वल्हीं मारून तारवें चालवूं लागले ह्मणजे त्या वल्ह्यांवर पाण्याचा प्रत्याघात होऊन नावांच्या अंगीं गति उत्पन्न होते. हवा व पाणी हीं प्रवाही पदार्थ असल्यामुळें ह्यांमध्यें पदार्थास प्रतिबंध करण्याची शक्ति कमी ह्मणून ह्यांच्यानें अप्रवाही पदार्थां इतका प्रत्याघात करवत नाहीं. खलाशी लो-

क किनाऱ्याजवळून उथळ पाण्यांतून जमीनीस काठी टकून तिच्या नेटानें तारूं चालवूं लागले असतां तें जसें सपाट्यानें चालतें तसें तें केवळ नुसत्या पाण्याच्याच नेटानें चालत नाहीं. जर एक मनुष्य नावेंत उभा राहून तिच्या कोणत्या एकाद्या भागास जर जोरानें रेटूं लागला तर ती आपल्या जाग्यावरून सरकणार नाहीं, कारण त्या ठिकाणीं आघात आणि प्रत्याघात हे सारखे होतात. चलन उत्पन्न करण्यास जो जोर लावावयाचा तो प्रत्याघातापेक्षां अधिक असला पाहिजे, एऱ्हवीं चलन उत्पन्न व्हावयाचें नाहीं.

दोन पदार्थ समोरासमोरून येऊन एकमेकांवर आपटले आणि त्यांचा परस्पर आघात जर त्यांच्या गुरुत्वमध्याच्या रेषेंतच बरोबर घडला तर आघात आणि प्रत्याघात यांची बरोबरी कशी होत्ये हें स्पष्टपणीं समजतें, आणि जर परस्परांचा आघात त्यांच्या गुरुत्वमध्याच्या रेषेंत घडला नाहीं तर आघात आणि प्रत्याघात यांची समानता बरोबर प्रत्ययास येत नाहीं. जेव्हां आपण विटीदांडू खेळतों त्यावेळेस आपल्या पाहण्यांत येतें कीं, बरोबर विटीच्या गुरुत्वमध्यासमोर जर टोला बसला तर विटी पल्ला घेत्ये, परंतु टोला जर तशाप्रकारचा बसला नाहीं तर विटी तितकी लांब जात नाहीं. आपल्या अनुभवावरून असें समजतें कीं, हतवडावगैरे हत्यारांचा गुरुत्वमध्य त्यांच्या आघातस्थानाच्या

रेषेंत जर बरोबर साधलेला असला तर त्या हत्यारा-नीं प्रहार करायास फार सोईवार पडतें. परंतु ज्यां-त गुरुत्वमध्य बरोबर प्रहार करण्याच्या ठिकाणीं साधलेला नसतो तसल्या हत्यारांनीं प्रहार करतेवेळेस टोल्याचा कांहीं भाग हाताकडे येऊन हात झिण-झिणाय्यास लागतो. एक लोखंडी सळई घेऊन ति-नें जर एकाद्या पदार्थावर प्रहार केला तर हात झि-णझिणतो ही गोष्ट सर्वांस ठाऊक आहे.

स्थितिस्थापक पदार्थांतील गतीविषयीं.

आघात आणि प्रत्याघात यांपासून वेगळ्या-वेगळ्या जातीच्या पदार्थांवर वेगळीं वेगळीं कार्यें घ-डतात; याविषयाच्या संबंधानें पदार्थांचे **कठीण, मृदु** आणि **स्थितिस्थापक,** असे तीन भाग कल्पिले आहेत. ज्या पदार्थांचा आकार आघातानें मुळींच बदलत नाहीं त्यांस **कठिण** पदार्थ ह्मणतात; जांचा आकार आघातानें बदलून तसाच राहतो त्यांस **मृदु** पदार्थ ह्मणतात; आणि आघात होण्याबरोबर जांचा आकार बदलून लागलाच पूर्व स्थितीवर येतो त्यांस **स्थितिस्थापक** पदार्थ ह्मणतात. पहिल्या दोन्ही-भागांतील पदार्थांचा स्थितिस्थापकांत समावेश होत नाहीं.

स्थितिस्थापक नव्हेत असे दोन एकसारखे पदार्थ सारख्या वेगानें समोरासमोरून येऊन जर एकमेकां-

वर आपटले तर प्रत्येकाची पुढें जाण्याची गति बंद प-डून ते दोघेही स्थिर होतात. परंतु त्यांमध्यें जर कांहीं स्थितिस्थापकता असली तर त्यांचा आघात होण्याबरोबर ते आपल्या आंगच्या स्थितिस्थापकते च्या मानाप्रमाणें एकमेकांपासून परावृत्त होतात आणि तेणेंकरून प्रत्याघाताचा प्रत्यक्ष व्यापार दृष्टीस पडतो. जे पदार्थ पूर्ण स्थितिस्थापक आहेत त्यांम-ध्यें, स्थितिस्थापक नव्हेत अशा पदार्थांपेक्षां, आघात प्रत्याघात दुष्पट होतात असें पूर्वीं लिहिलेंच आहे.

अशा प्रकारच्या स्थितिस्थापक पदार्थांमध्यें आ-घात प्रत्याघात होतेवेळेस एकाची गति दुसऱ्यास कशी प्राप्त होत्ये व त्यांची परस्पर गति नाहींशी हो-ऊन ते स्थिर कसे होतात याविषयाचा स्पष्ट बोध पुढील आकृतीवरून चांगला होईल. या आकृतींत हस्ति-दंती पांच सात गोळ्या सुतास बांधून एकमेकांस ला-गत अशा अडकविल्या आहेत; आतां पहिल्या गो-ळीस एक्या बाजूस उचलून धरून सोडून दिली अ-सतां ती दुसरीवर आपटत्ये, दुसरी तिसरीवर, तिस-री चवथीवर, याप्रमाणें पुढें ही होत जातें; परंतु जरीं एकमेकींवर प्रहार होतात तरीं सगळ्या गोळ्या न हालतां जागच्या जाग्यावरच राहतात आणि शेवटची

गोळी मात्र, तिला जवळ दुसरी गोळी नसल्या कारणानें

आकृति १४



पहिली गोळी जितक्या अंतरावर नेऊन सोडून दिलेली असल्ये तितक्याच अंतरावर, पलीकडे उडत्ये. याप्रमाणेंच दोन गोळ्या एक्या बाजूस नेऊन एकदम सोडून दिल्या असतां मधल्या गोळ्या स्थिर राहून दुसऱ्या बाजूच्या दोन गोळ्या तितक्याच अंतरावर पलीकडे उडतात.

परावर्तनगति.

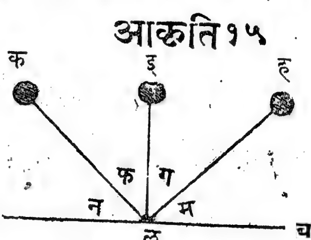
पदार्थास कांहीं प्रेरणा प्राप्त झाली असतां तो सरळ रेषेंत एकसारखा चालत राहतो, परंतु त्याजवर जर मार्गांत दुसरे एकादे प्रेरणेचा व्यापार घडला तर मात्र तो पूर्वींची चलनाची दिशा सोडून भिन्न दिशेंत जाऊं लागतो, असें पूर्वींच सांगितलें आहे. याप्रमाणें एक पदार्थ सरळ रेषेंत जात असतां तो दुसऱ्या पदार्थावर आपटून आपली गमनाची दिशा बदलून जाऊं लागला असतां जी त्याची गति, तीस परावर्तनगति असें ह्मणतात.

परावर्तनगतीचीं उदाहरणें आपल्या पुष्कळ पाहण्यांत येतात. एक चेंडू गडगडत जात असतां तो वाटेंत एक्या दगडास आपटला असतां आपली सरळ दिशा सोडून देऊन तिर्कस जाऊं लागतो. मुलें चपटे दगड नदींत आडवे मारून ज्या भाकऱ्या

पाडीत असतात, त्या भाकऱ्या दगडास परावर्तनगति प्राप्त झाल्यामुळें होतात. याप्रमाणें आंबा झाडावरून खालीं पडतांना खांदीवर आपटला असतां तो परत उडून तिर्कस जमीनीवर येतो.

पदार्थ परावर्तन पावला असतां जी दिशा धरितो ती तो कांहीं एका नियमाच्या अनुरोधानें धरितो, असें प्रयोगावरून सिध्द झालें आहे.

बाजूवरील आकृतींत अ ब ही गुळगुळीत संगमरवरी शिला आहे. हिजवर क हस्तिदंती गोटी कई यादिशेंत मारिली असतां ती ई ड यादिशेंत परावर्तन पावून तिच्या गमनरेषेचे अ ब शिळेशीं जे ग आणि फ कोन होतात ते अथवा ल ई लंब रेषेशीं जे म आणि न कोन होतात ते परस्पर बरोबर होतात. यावरून दिसून येतें कीं, जो पूर्ण स्थितिस्थापक पदार्थ आहे तो अत्यंत गुळगुळीत पदार्थावर मारिला असतां तो पतनकालीं जेवढा कोन करितो तेवढाच परावर्तनकालीं कोन करितो. यावरून तो पदार्थ ल ई या लंबरेषेंत मारिला असतां अर्थातच लंबरेषेंत ह्मणजे त्याच ई ल रेषेंत परावर्तन पावेल. या लंबरेषेशीं जे पतनकालीं व परावर्तनकालीं



कोन होतात, त्या कोनांस अनुक्रमें पतनकोन व परा-वर्तनकोन ह्मणतात.

या परावर्तन नियमाची माहिती, ढाल वगैरे पदार्थांनीं शस्त्रादिकांचे घाव चुकविण्यास फार उपयोगी पडत्ये. कोन जर फार लहान असला, ह्मणजे ढालीवर शस्त्राचा घाव जर नीट समोर घेतला तर ढालीची खराबी होत्ये, आणि जर कोन मोठा असला ह्मणजे घाव तिर्कस घेतला तर हत्यार निसटून जाऊन बचाव चांगला होतो.

साधारण गति.

वर असें लिहिलें आहे कीं, दोन अथवा दोहोंपेक्षां अधिक पदार्थ ज्या वेळेस एकमेकांस लागून अथवा एकमेकांसहवर्तमान फिरत असतात किंवा लागलेले असून एकाच रीतीनें व एकाच वेगानें फिरत असतात त्यावेळची जी त्यांची गति तीस साधारणगति असें ह्मणतात. उदाहरण. अंतरालामध्यें पृथ्वी फिरत असतां तिच्याबराबर तिजवरील वातावरण ह्मणजे वायूचें वेष्टन आणि बाकीचे सर्व पदार्थ तिच्याच अनुरोधानें फिरत असतात. याकरितां त्या सर्वांच्या गतीस साधारणगति असें ह्मणतात. या साधारणगतीविषयीं असा एक चमत्कारिक नियम आहे कीं, ज्या मुख्य पदार्थाच्या अनुषंगानें गति उत्पन्न व्हा-

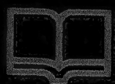
बयाची त्याच्या गमनाचा जितका वेग असतो व जी दिशा असत्ये तितकाच वेग त्यावरील पदार्थांच्या अंगांत येतो, व त्याच दिशेकडे ते सर्व गमन करितात. ह्मणजे असें.— पृथ्वीबरोबर गमन करणारे जे पदार्थ त्या सर्वांच्या अंगीं, पृथ्वी जितक्या वेगानें गमन करीत आहे तितका वेग आलेला आहे, व ती ज्या दिशेकडे जात्ये त्याच दिशेकडे त्यांचें गमन होत आहे असें समजावें. याप्रमाणेंच गाडी तारूं इत्यादिकांचा वेग त्यांतील पदार्थांच्या व त्यांतील बसणारांच्या अंगांत येतो, व तीं ज्या दिशेकडे जातात त्याच दिशेकडे त्यांतील पदार्थांचें गमन होतें. मुख्य पदार्थांच्या अनुषंगानें फिरणारे जे पदार्थ त्यांस साक्षात् धक्का नबसतां मुख्य पदार्थांच्या अंगीं जो वेग असतो तोच त्या सर्वांच्या अंगीं येतो. ही गोष्ट प्रथमतः चमत्कारिक वाटत्ये, परंतु विचारपूर्वक पाहिलें ह्मणजे, अशी गोष्ट अवश्य घडलीच पाहिजे असें लक्षांत येतें; कारण मुख्य पदार्थास धक्का बसला असतां तो त्याच्या अवयवांस व त्याच्या संबंधानें राहाणाऱ्या सर्व पदार्थांस परंपरेनें एकसारखा पोंचतो. एकादें गलबत एक्या तासांत ५ कोस या वेगानें चालत आहे आणि त्याजवर एक मनुष्य फिरत आहे तर त्यास कदाचित् वाटतें कीं, मी जमीनीवर चालत असतां जो माझ्या अंगीं वेग असतो तोच कायतो

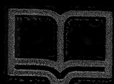
चा जो वेग आहे, तो सर्व, त्या मनुष्याच्याही अंगीं आहे; आणि जोंपर्यंत तें गलबत चालत आहे आणि हा मनुष्य त्याच्या संबंधानें आहे तोंपर्यंत त्याच्यानें तो आपल्या अंगांतील वेग नाहींसा करवणार नाहीं. मुख्य पदार्थाच्या अंगीं जो वेग असतो तोच त्यावरील इतर सर्व पदार्थांमध्येंही येतो, यामुळें त्या इतर पदार्थांची जी परस्पर स्थिति असत्ये तींत फेर पडत नाहीं, आणि याच कारणानें पृथ्वी जरीं फिरत आहे तरीं तिच्या पृष्ठावरील पदार्थांच्या स्थितींत अव्यवस्था होत नाहीं.

तारूं चालूं असतां डोल काठीच्या शेंड्यावरून जर एकादा मनुष्य पडला, तर तो तिच्या बुडाशीं पडतो, कारण तारूं ज्या वेगानें चालत असतें तोच वेग त्या मनुष्याच्या अंगीं आलेला असतो. जर तोच वेग त्याच्या अंगीं येतनसता तर तो वरून सुटून खालीं येई तों पावेतों तारूं पुढें निघून जाऊन तो पाठीमागें पडता. आपण जर जमीनीवरून उडी मारली तर ज्या ठिकाणावरून उडी मारतों त्याच ठिकाणावर परत येतों. आपण तारवांत अथवा गाडींत बसून जात असतां जर एकादा पदार्थ आपण उंच हात करून

होय, कीं ज्या एक्या मुख्य पदार्थाच्या अनुषंगानें दुसरे पदार्थ चालत असतात त्या सर्वांच्या अंगीं त्या मुख्य पदार्थाचा जो वेग असतो तोच आलेला असतो, आणि ते खालीं पडूं लागले असतां ही तो वेंग नाहींसा होत नाहीं, ह्मणून ते खालीं उतरत असतां ही त्या मुख्य पदार्थाबराबर चालूं राहून तो ज्या दिशेकडे जातो त्याच दिशेकडे ते गमन करितात.

घोड्याच्या तमाशांत एक मनुष्य घोड्यास मंडळावर धरून घोडा भरधांव चालत असतां त्यावर आपण उभा राहतो आणि लिंबें वर फेकून तीं झेलीत असतो. या उदाहरणांत असें स्पष्ट समजून येतें कीं, घोडा व स्वार हे ज्या वेगानें चाललेले असतात तो वेग त्या लिंबांच्या अंगांत आलेला असतो, कारण तो वेग जर येत नसता तर तीं वर फेकल्यावर घोडेस्वार खालून निघून जाऊन तीं मागें पडतीं आणि त्या घोडेस्वाराच्या हातांत तीं परत न येतीं. घोड्यावर बसणारानें लिंबें फेकल्यावर त्यांस जर पृथ्वीच्या आकर्षणाचा व हवेचा प्रतिबंध झाला नाहीं तर तीं खालीं न येतां एकसारखीं सरळ रेषेंत जातील.





तो पुढें फेकून दिला असा वाटतो, परंतु तो एकदां जमीनीवर आला ह्मणजे त्याची ती पुढें जाण्याची गति बंद पडून तो स्थिर होतो. या ठिकाणीं गाडीचा पुढें जाण्याचा वेग आणि पृथ्वीचें खालच्या बाजूकडे आकर्षण या दोहों प्रेरणांचा त्या पदार्थावर व्यापार घडून मिश्र चलन उत्पन्न होतें. गाडी चालू असतां तींतून जर आपण जमीनीवर उडी टाकिली तर जमीनीवर पोंहचे तोंपर्यंत आपल्या अंगांत गाडीचा वेग असतो आणि तो जमीनीवर पोंहचण्याबराबर नाहींसा होतो. या कारणानें आपणास धक्का बसतो. जर एक्या चालत्या गाडीवरून अथवा तारवावरून दुसऱ्या तितक्याच गतीनें व त्याच दिशेकडे चाललेल्या गाडीवर अथवा तारवावर उडी मारली तर धक्का बसत नाहीं, कारण ज्यावर उडी मारली त्याची व आपली स्थिति एक सारखीच घडत्ये.

जेव्हां एक मनुष्य जमीनीवर उभा राहून उडत्या पक्ष्यावर गोळी घालतो तेव्हां जिकडे जिकडे पक्षी जातो तिकडे तिकडे बंदुकीचा रोंख फिरवावा लागतो, परंतु एक तारूं जितक्या वेगानें व ज्या दिशेकडें चा-

रोख फिरवावा लागत नाहीं, कारण त्याच्या अंगीं तारवाचा जो वेग असतो तो येतो, व तें ज्या दिशेस जात असतें तिकडेसच याचें गमन होतें. जमीनीवरून उडत्या पाखरावर निशाण मारतेवेळेस मोठी युक्ति लढवावी लागत्ये, कारण बंदुकीस जर पूर्वीं पक्ष्याच्या अनुरोधाची गति दिलेली नसली तर तींतून जी गोळी उडत्ये, तिच्या अंगींही ती गति असत नाहीं, त्यामुळें निशाण फटकन चुकतें. परंतु पक्ष्याच्या गमनाचा वेग व त्याची दिशा हीं लक्षून त्याप्रमाणें जर बंदुकीच्या अंगीं चलन उत्पन्न केलेलें असलें तर तींतून गोळी सुटली ह्मणजे ती थेट बंदुकीच्या दिशेंत न जातां वक्ररेषेनें पक्ष्याचा पाठलाग करीत जात्ये, आणि निशाण चुकूं देत नाहीं. एक तारूं पश्चिमेकडे चाललें आहे, त्यावरून जमीनीवरील एक्या स्थिर पदार्थावर जर निशाण मारावयाचें असलें तर बंदुकीचा रोंख जरा पूर्वेकडे धरून निशाण मारलें ह्मणजे तारवाची पश्चिम गति त्या गोळींत आलेली असत्ये तिच्या योगानें ती बेतानें पश्चिमेस येऊन त्या पदार्थास लागत्ये आणि निशाण ही चुकत नाहीं.

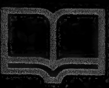
पदार्थ फेंकला असतां तो ज्या नियमानें खालीं

... असतात, एक नीट पुढें जाण्याची आणि दुसरी नीट खालीं येण्याची. या दोन ही गति जर समान नसल्या तर तो पदार्थ वक्र रेषेनें खालीं उतरतो, आणि या वक्र रेषेच्या गोलबाह्यपणाचा मुख्य भाग अगदीं वरच्या अंगास असतो. यावरून फेकलेल्या पदार्थांची गति आणि चालणाऱ्या पदार्थावरून पडणाऱ्या दुसऱ्या पदार्थांची गति या एकच आहेत, आणि याचवरून दुसरें असें ही अनुमान करितां येतें कीं, सूर्य आपल्या आंसाभोंवतीं फिरूं लागल्यामुळें त्याच्या पृष्ठावरील कांहीं भागामध्यें त्यापासून उडून जाण्याची जी महा प्रबल ध्रुवोत्सारणशक्ति ती आणि तो स्थिर असतां तो भाग आपल्यापासून सोडवून उडविण्याची शक्ति, या एकच आहेत.

आतां अशी शंका येत्ये कीं, पृथ्वी फिरत असतां तिच्या अंगचा वेग तिजवरील राहणारांवर जर येतो तर तो त्यांच्या अनुभवास कां येत नाहीं? तर त्याचें कारण असें आहे कीं, जो पदार्थ संत चाललेला असतो त्याची गति त्याच्या सभोंवार जे स्थिर पदार्थ असतात त्यांच्या चलनावरून आपल्या लक्षांत येत्ये, ते पदार्थ जर आपल्या दृष्टीस पडले नाहींत तर ती गति अनुभवास येत नाहीं. उदाहरण—आप-

त्या खोलीबाहेर डोकावल्या बरोबर किनाऱ्यावरील झाडें फिरतांना जेव्हां आपल्या दृष्टीस पडतात तेव्हां आपणास तारूं चालूं आहे असें तात्काल वाटतें, कारण झाडें स्थिर आहेत असें आपणास पक्कें ठाऊक असतें; आणि तीं ज्यापेक्षां फिरताना दृष्टीस पडतात त्यापेक्षां तारूं चालूं आहे त्यायोगानेंच असें दर्शन होतें, असें लागलेंच आपल्या मनांत येतें. याप्रमाणेंच पृथ्वी संत चालत असत्ये त्यामुळें तिचें चलन आपल्या अनुभवास येत नाहीं, परंतु सूर्य व इतर तारे यांची स्थिरता पुष्कळ तऱ्हांनीं सिद्ध करितां येत्ये, ह्मणून ते फिरतां जेव्हां आपल्या दृष्टीस पडतात तेव्हां पृथ्वीच्या फिरण्यामुळें हे फिरतेसे दिसतात असें अनुमान सहज होतें.

अशा प्रकारें ज्या पदार्थांच्या आश्रयानें आपण आहों त्यांची गति आपल्या अनुभवास येत नाहीं यामुळें आपण स्थिर आहों, व जे पदार्थ वस्तुतः स्थिर आहेत तेच आपल्या विरुद्ध दिशेंत चालतात असें साधारण दृष्ट्या आपण मानितों, परंतु अशी जी भ्रांति बाह्यदृष्टीनें उत्पन्न होत्ये तिचें निराकरण विचार दृष्टीनें करावें लागतें.





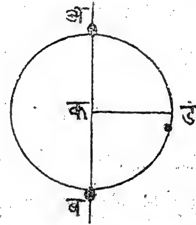
पदार्थपतन—वजन.

आकर्षकत्व हा एक पदार्थांचा सांसिद्धिक धर्म आहे, आणि तेणेंकरून ते परस्परांस आपआपल्याकडे ओढतात, असें पूर्वीं लिहिलेंच आहे; आणि दुसरी अशी एक गोष्ट लिहिली आहे कीं, पदार्थांत प्रकृत्यंश जसजसे अधिक तसतशी त्यांच्या अंगीं आकर्षण करण्याची शक्ति अधिक आणि ती शक्ति पदार्थ जसजसे एकमेकांजवळ येतात, तसतशी वाढत जात्ये. आणखी दुसरी अशी एक विशेष गोष्ट लिहिली आहे कीं, पदार्थमात्रास व्यापून राहणारी जी ही आकर्षणशक्ति हिच्याच योगानें पदार्थ भूमीकडे ओढले जातात, आणि यामुळेंच त्यांच्या अंगीं ज्यास आपण गुरुत्व अथवा भार ह्मणतो तो उत्पन्न होतो. यावरून पदार्थांवर आकर्षण घडल्यामुळें त्याची खालच्या अंगीं जाण्याची अथवा चेपण्याची जी प्रवृत्ति तीसच गुरुत्व ह्मटलें पाहिजे. ही प्रवृत्ति पदार्थांचा आधार नाहींसा होऊन तो जेव्हां खालीं पडूं लागतो त्यावेळीं अनुभवास येत्ये.

हरएक पदार्थ पतन पावतेवेळेस ज्या स्थलापासून सुटतो तेथून सरळ रेषेंत पृथ्वीच्या क म-

ध्याकडे जाण्याचा त्याचा रोंख असतो. (आकृति पाहा) याकरितां कोणत्याही स्थलापासून पदार्थ सुटला असतां त्याच्या गमनाची रेषा पृथ्वीपृष्ठावर लंब होऊन ती पृथ्वीमध्यांतून पार जाईल यास्तव अ आणि ब हे दोन पदार्थ पृथ्वीच्या समोरासमोरील दोहों बाजूंकडून पतन पावले असतां ते एकमेकांकडे येतील.

आकृति १६.



जर आपण अशी कल्पना केली कीं एक पदार्थ आपल्या समोर पृथ्वीच्या दुसऱ्या बाजूवरून पडत आहे तर त्याची गति आपल्या दृष्टीनें ऊर्ध्व होईल. आणि आपल्याकडून जो पदार्थ पतन पावतो त्याची गति पृथ्वीच्या दुसऱ्या बाजूवरील राहणाऱ्यांस त्यांच्या दृष्टीनें ऊर्ध्व होईल. याप्रमाणेंच आपल्यापासून चतुर्थांश अंतरावरून जर (ड) पदार्थ पतन पावला तर त्याच्या गमनाची रेषा पहिल्या रेषांस आडवी छेकील अथवा त्यांवर लंब होईल ह्मणजे त्यांच्याशीं काटकोन करील.

यावरून वर आणि खालीं हे शब्द सापेक्ष आहेत. जें आपल्यास खालीं तें आपल्या समोरच्यांस वर आणि त्यांस जे वर ते आपल्यास खालीं; तर खा-

लीं आणि वर याचा निर्णय इतकाच समजायाचा कीं पृथ्वीच्या मध्याकडे (ह्मणजे खालीं,) आणि पृथ्वीच्या मध्यापासून पृष्ठाकडे (ह्मणजे वर).

पदार्थ पतन पावते वेळेस तो कितीहि उंची वरून पडला तरी तो जसजसा पृथ्वी जवळ येतो तसतसा त्याचा वेग वाढत जातो. उदाहरण — पर्वताच्या कड्याच्या माथ्यावरून जर एक मोठी धोंड लोटून दिली तर प्रथम तिचा वेग हलका असतो, परंतु जसजशी ती खालीं जाऊं लागत्ये, तसतसा तिचा वेग अधिकाधिक होऊं लागतो आणि सरत्या शेवटीं तिच्या अंगीं इतका जोर येतो कीं, मोठे मोठे पाषाण वृक्ष वगैरे जे कांहीं तिच्या तडाक्यांत येतात त्यांचा ती विध्वंस करून टाकित्ये, आणि तळाशीं पोंचल्यावरही आपल्या त्या वेगामुळें तेथून ती धोंड बरीच पुष्कळ लांब जाऊन मग थांबत्ये.

याप्रमाणेंच उंचावरून काकवी अथवा मध ओतूं लागलें ह्मणजे भांड्याच्या तोंडाशीं जेवढी धार असत्ये तिच्यापेक्षां खालीं ती धार बारीक बारीक होत जात्ये, तथापि काकवीच्या अथवा मधाच्या भांड्याच्या तोंडाशीं दुसरें भांडें लावलें असतां तें जितक्या वेळांत भरतें तितक्याच वेळांत तें भांडें खालीं दूर ठेविलें असतांही भरतें. याचें कारण हेंच कीं, धारेच्या वरील भागापेक्षां खालचा भाग जरी बारीक

असतो तरी खालच्या भागाचा वेग वरच्या भागापे- क्षां अधिक असतो, यामुळें दोन्हीं पक्षीं कार्य सारि- खेंच होतें. याच कारणामुळें आपण जोत्याव- रून किंवा खुर्चीवरून उडी टाकिली असतां कांहीं इजा होत नाहीं, परंतु घरावरून अथवा उंच गच्चीं वरून किंवा भिंतीवरून उडी टाकली तर, जमीनी- वर पोंचे तोंपर्यंत आपल्या अंगीं इतका वेग येतो कीं तेणेंकरून आपण जमीनीवर मोठ्यानें आदळून जाऊन आपल्या प्राणावर येऊन बेततें.

पदार्थ पतन पावत असतां जी त्याची गति वाढ- त जात्ये ती गणित प्रमाणानें वाढत जात्ये असें प्रत्यया- स आलें आहे; पदार्थ उतरत असतां असा प्रकार घडतो कीं, प्रतिक्षणीं त्याच्या अंगीं नवा नवा वेग उ- त्पन्न होऊन त्याच्या पहिल्या वेगांत एकसारखी भर प- डत जात्ये आणि तेणेंकरून गणित प्रमाणें गति वाढते.

विद्वान् लोकांनीं प्रयोगद्वारा ह्मणजे प्रत्यक्ष कृ- ति करून असें सिद्ध केलें आहे कीं, धोंडा वगैरे घ- ट्ट पदार्थ जर उंचस्थानावरून सोडून दिला तर तो पहिल्या सेकंदांत १६ फुट व १ इंच इतका खालीं येतो. गणित करण्यास सोपें पडावें ह्मणून वरला ए- क इंच काढून टाकून पुढील रीतीनें पदार्थ अमुक काळांत अमुक चालतो असें काढतात.

पदार्थ पडूं लागल्यापासून जमीनीवर येऊन पों-

हचे तोंपर्यंत किती सेकंद होतात हें पाहावें आणि जितके सेकंद भरतील तितक्यांचा वर्ग करून त्यास सोळानीं गुणावें ह्मणजे जो गुणाकार येईल तितके फूट तो पदार्थ एकंदर चालला असें समजावें. उदाहरण — एक धोंडा वरून सोडला असतां त्यास जमीनीवर यावयास जर तीन सेकंद लागले तर तिहींचा वर्ग ९ त्यास १६ नीं गुणिलें असतां गुणाकार १४४ येतो. या करितां तीन सेकंदांत तो धोंडा एकंदर १४४ फूट चालला, आणि जर चार सेकंद लागले तर चोहोंचा वर्ग १६ ह्यास १६ नीं गुणून २५६ येतात. याकरितां चार सेकंदांत तो दगड २५६ फूट खालीं आला असें समजावें. याप्रमाणें पुढेंही जाणावें.

या वरील गणितावरून पदार्थ ज्या उंची वरून खालीं पडतो ती उंची बराबर काढायास फार अडचण पडत्ये सरासरी जवळ जवळमात्र काढतां येत्ये; कारण पदार्थांच्या वेगळ्या वेगळ्या आकार मानाच्या अनुरोधानें त्यास पडते वेळेस हवेचा न्यूनाधिक प्रतिबंध होतो. लोकांची साधारण समजूत अशी आहे कीं, जे पदार्थ मोठे आणि जड ते जलदीनें खालीं पडतात, आणि जे हलके व लहान ते अवकाशानें खालीं पडतात. ही अशीच समजूत प्राचीन काळच्या विद्वानांमध्यें ग्यालिलीयोनामक इटली देशांत महान् विद्वान् होऊन गेला तोंपर्यंत

होती. ते चालकत्वाचा वेगांतच समावेश करीन, पण ही गैर समजूत त्या पंडितानें पुढें काढून टाकिली. मागील कसें असलें तरीं असो, परंतु आतां असा सिद्धांत झाला आहे कीं, पदार्थ जड असोत अथवा हलके असोत ते एकसारख्या वेगानें खालीं पडतात. पदार्थ पडण्यास जो प्रतिबंध होतांना आपल्या दृष्टीस पडतो त्याचें कारण हवा होय. जर हवा काढून टाकिली तर जड आणि हलका असे दोनही पदार्थ बराबर जमीनीवर पडतांना आपल्या दृष्टीस पडतील. शिशाचा एक अच्छेर वजनाचा व एक छटाक वजनाचा असे दोन गोळे एका जागेवरून एक काळीं वरून सोडले असतां सारख्याच वेगानें समान काळीं खालीं पडतात. हा पदार्थपतनाचा धर्म एकसारखा असतां ही पदार्थांच्या आकारावरून पडण्याचें मान बदलतें. एक तोळाभर सोन्याची गोळी जर सोडून दिली तर ती जितक्या काळांत खालीं येईल तितक्याच काळांत एक तोळा वजनाचा सोन्याचा वर्ख करून जर सोडिला तर तो खालीं यावयाचा नाहीं, कारण कीं, एक तोळा सोन्याचे गोळीपेक्षां तें ठेकून पत्रा बनविल्यानें त्याचा विस्तार अधिक होतो, त्यामुळें हवेचा अडथळा होऊन खालीं पडण्यास गोळीपेक्षां वेळ अधिक लागतो. यावरून सच्छिद्र व स्थूल पदार्थ वरून खालीं पडत अ-

सतां घट्ट पदार्थ जितक्या वेगानें खालीं पडतात त्यापेक्षां या पदार्थांस हवेचा प्रतिबंध अधिक असल्यामुळें यांचा पडण्याचा वेग कमी असतो. याजकरितां वाताकर्षक यंत्रानें हवा काढून निर्वातस्थळ करून त्यांतून कोणतेही पदार्थ कशाही वजनाचे व आकाराचे सोडून दिले तर समान काळांत समान वेगानें खालीं पडतांना दृष्टीस पडतील. वाताकर्षक यंत्राच्या योगानें एक्या काचपात्रांतून हवा काढून निर्वात प्रदेश केला आणि त्यांत त्याच्या वरच्या बाजूस गळा सारखा आंकडा ठोकून त्याच्या एका कडीवर पंख आणि दुसऱ्या कडीवर रुपया ठेवून एक्या वेळींच ते दोन्ही पदार्थ खालीं सोडून दिले तर त्या निर्वात प्रदेशाच्या तळाशीं ते सारख्या वेगानें एक काळींच येऊन पडतील. यावरून स्पष्ट दिसून येतें कीं, जर हवेचा प्रतिबंध नसेल तर एक पिशवीभर पंख आणि तेवढ्याच पिशवीभर रुपये पाहिजे त्या उंच ठिकाणावरून सोडून दिले तर त्या दोन्ही पिशव्या समान वेगानें समान काळीं खालीं येऊन पडतील.

पदार्थांत प्रकृत्यंश जितके अधिक तितकें त्यांच्या अंगीं गुरुत्वाकर्षण अधिक असतें, हें पूर्वींच सांगितलें आहे. यावरून असें कळून येतें कीं, आपण ज्या पृथ्वीवर राहतों ती पदार्थ मात्रास आकर्षण करीत असते ह्मणून त्यांच्या अंगीं वजन हा

कार व त्याचे निरनिराळे दाढ्य असल्यामुळे त्याच्या अंगीं आकर्षणशक्ति न्यूनाधिक असत्ये, आणि यानकरितां निरनिराळ्या पदार्थांचें वजन हीं निरनिराळें असतें. आपल्या एथवें शेराचें वजन सूर्याचे पृष्ठावर २७ शेरांहून जास्त भरेल आणि तेथें पदार्थ पहिल्या सेकंदांत ४३४ फूट पडेल. तसेंच आपल्या एथील शेर वजनाचा पदार्थ बृहस्पतीच्या पृष्ठावर सुमारें २½ अडीच शेर भरेल; आणि तोच पदार्थ चंद्राच्या पृष्ठावर सुमारें तीन छटाकच भरेल.

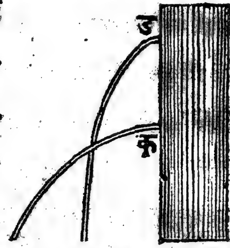
पदार्थ पृथ्वीवर पडत असतां दर एक सेकंदांत त्याचा वेग अधिकाधिक होत जातो. तसेंच पदार्थ पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून वर फेकला असतां त्याचा वेग ह्याच प्रमाणानें कमी कमी होत जाऊन शेवटीं शून्यवेग होई तोंपर्यंत वर चढून तेथें किंचित् थांबल्यासारखा होऊन पुनः त्याच्या अंगचा वेग वाढत वाढत तो खालीं येऊं लागतो. पदार्थ वर फेकला असतां ज्या ज्या ठिकाणीं जेवढा त्याच्या अंगीं वेग असतो तेवढा वेग त्या त्या ठिकाणीं तो पदार्थ खालीं येत असतांही असतो. हा जो नियम सांगितला तो पदार्थास

हवेचा प्रतिबंध होतो तो हिशेबांत न धरिला असतां मात्र खरा आहे, परंतु वस्तुतः पाहिलें असतां पदार्थ वर जाण्यास निघतो त्याक्षणीं जो त्याचा वेग असतो त्यापेक्षां तो पदार्थ परत त्यास्थळीं येऊन पोंचतो त्या क्षणीं हवेच्या प्रतिबंधामुळें त्याचा वेग कमी होतो.

प्रक्षिप्त पदार्थांविषयीं नियम.

प्रेरक शक्तीनें पदार्थ फेकले असतां त्यांस प्रक्षिप्त पदार्थ असें ह्मणतात, व ते खालीं पडत असतां वक्ररेषेनें पडतात. त्यांचा सरळ जाण्याचा रोख असून पृथ्वीच्या आकर्षणामुळें त्यांच्या अंगीं वक्रगति उत्पन्न होत्ये, व ही वक्रता प्रेरक शक्तीशीं प्रमाणांत असत्ये. ही गोष्ट ह्या पुढील उदाहरणावरून चांगली समजेल. तोफेंतील गोळा बाहेर पडला ह्मणजे त्याचा रोख समोर जाण्याचा असतो, परंतु त्यावर पृथ्वीचें आकर्षण घडतें ह्यामुळें तो वक्ररेषेने खालीं पडतो. तसेंच हातानें धोंडा फेकला असतां तोही त्याच प्रमाणें जातो. तसेंच एक मोठें पंचपात्र तोंडोतोंड पाण्यानें भरून त्याचे

बाजूस क आणि ड हीं दोन भोंकें एक खा-
लीं व एक वर अशीं पाडिलीं तर आकृति १७
पंचपात्राच्या तोंडाजवळचें जें ड
भोंक त्यांतून पाण्याची धार पंचपा-
त्रापासून जितक्या अंतरावर पडेल.
त्यापेक्षां त्याच्या खालच्या क भों-
कांतून निघणारी धार अधिक अं-



तरावर पडेल; ह्मणजे तिची वक्रता कमी होईल. याचें
कारण हेंच कीं पंचपात्राचे वरच्या भोंकाचे सपाटीवर
वरील पाण्याचा दाब जितका पडतो त्याहून खालच्या
भोंकावर वरील पाण्याचा अधिक दाब पडतो. आपण
चूळ तोंडांतून टाकतो तेव्हां जसजसा जोर करावा त-
सतशी चूळ लांबवर जाऊन वक्राकृतीनें खालीं पड-
त्ये. मुलें पोपयाच्या पानाच्या मागें लांब दांडा अ-
सतो तो घेऊन त्या पोकळ नळीवरचा पानासुद्धां
थोडा भाग कापून टाकितात व बुडाकडील भाग का-
यम ठेवून त्याच्याजवळ एक छिद्र पाडून दुसरें वर
कांहीं अंतरावर पाडतात. मग ती नळी उभी करून
नरसाळ्या सारिखी पानाची कळी तिच्या तोंडाशीं ला-
वून तींतून भांड्यानें पाणी ओतितात, त्यावेळीं जसज-
सें जलदीनें अथवा जोरानें मूल वरून पाणी ओतितें
तसतशा त्या छिद्रांतून पाणी बाहेर पडतांना त्याच्या
वक्राकृति लहान मोठ्या होतात.

तसेंच पिचकारी पाण्यानें अथवा रंगानें भरून जसजशी जोरानें उडवावी तसतशी तिची धार दूर दूर जात्ये व त्या त्या मानानें तिची वक्रता ही कमी कमी होत असत्ये. एक अर्धकोस पल्ल्याची आणि दुसरी एक कोस पल्ल्याची अशा दोन बंदुका एककाळीं एक्याच जाग्यावरून जर आडव्या सोडल्या तर त्यांतील गोळ्या बराबर जमीनीवर येऊन पडतील. एक अगोदर आणि एक मागून अशा पडणार नाहींत. तात्पर्य त्या दोन गोळ्या कोणत्याही दिशेकडे कशाही वेगानें सोडा, त्या सारख्या उंचीवरून खालीं पडल्याअसतां समान काळांत जमीनीवर येऊन पोंचतात. याचें कारण हें आहे कीं, पृथ्वीची आकर्षणशक्ति त्या दोहोंगोळ्यांवर एकसारखी घडत्ये अधिक उणी घडत नाहीं. यावरून एक गोळा एक्या उंच बुरुजावरून जर लंबरेषेंत खालीं सोडून दिला आणि दुसरा गोळा जर त्या बुरुजावरून एक अथवा दोन कोस आडवा उडविला तर ते दोन्ही गोळे एक्या वेळीं जमीनीवर येऊन पडतात.

जर गोळे अथवा दुसरे पदार्थ दूर पल्ल्यावर फेकायाचे असले तर ते उंचावरून फेकावे ह्मणजे ते पल्ला अधिक घेतात. कारण तसे फेकले असतां आकर्षणशक्तीचा तादृश अवरोध न होतां तीपासून

णशक्तीचा प्रतिबंध होतो. आणि अशा प्रकारें वर जाऊन पुन: जेव्हां खालीं येऊं लागतो तेव्हां आकर्षणशक्तीच्या योगानें जी त्याची गति वाढत्ये तिचें प्रमाण प्रथम वर उडत्येवेळेस प्रतिबंध जितक्या मानाचा झाला होता त्यापेक्षां कमी पडतें सबब उंचून उडविल्यापासून जितक्या पल्ल्यावर जातो तितक्या पल्ल्यावर खालून उडविल्यानें जात नाहीं.

युद्धामध्यें कोणत्या एका शहरावर गोळ्यांचा भडिमार करायाचे वेळेस युद्ध चालिवण्याचे कामांत जे कुशल सेनापति असतात ते उंच जागा रोंखून तेथून गोळे सोडतात.

या वरील लिहिण्यावरून असें सिद्ध झालें कीं, प्रक्षिप्त पदार्थांवर दोन प्रकारची गति उत्पन्न होत्ये. पदार्थ आडवे फेकले तर एक आडवी, आणि दुसरी पृथ्वीच्या आकर्षणाची उभी. या दोन्ही गति विषम असतात; त्या दोहोंचा वेग सारखा नसतो. आडवी जी गति असत्ये ती समान असत्ये, परंतु उभी जी गति असत्ये ती पदार्थपतनाविषयीं जो आकर्षणशक्तीचा वर नियम लिहिला आहे त्याप्रमाणें पाहतां वरचेवर वाढत असत्ये. या

कारणामुळें प्रक्षिप्तपदार्थास वर लिहिल्याप्रमाणें धनुष्याकार गति प्राप्त होत्ये. आणि धनुष्याकार गतीचें मंडल पदार्थाचा पुढें जाण्याचा जो वेग त्याच्या अनुरोधानें पडतें, ह्मणजे पुढें जाण्याचा वेग जर अधिक असलातर तें मंडल मोठें पडतें, आणि कमी असल्यास लहान पडतें. उदाहरण — एखाद्या उंच जाग्यावरून पांच कोस गोळा उडे अशी शक्ति योजून एक तोफ उडविली तर त्या गोळ्याचें जेवढें उतरतें मंडल पडतें, त्यापेक्षा दहा कोस उडविलेल्या गोळ्याचें फार मोठें पडतें. आणि याप्रमाणें जर आपण त्या गोळ्याची पुढें उडण्याची शक्ति वाढवीत गेलों तर तो पृथ्वीप्रदक्षिणा करील. आणि त्याचा गमनमार्ग शुद्ध वर्तुळाकार बनेल.

आतां या गोष्टीवरून सूर्याभोंवतीं ग्रह वर्तुळाकार प्रदक्षिणा कां करितात याचें कारण सांगतां येईल. त्यांची आकाशांत पुढें जाण्याची जी मूळची शक्ति व गुरुत्वाकर्षणशक्ति या दोहोंच्या योगानें त्यांस वर्तुळाकारगति प्राप्त होत्ये. आणि ध्रुवोत्सार प्रेरणा व ध्रुवाकर्षक प्रेरणा या दोहोंच्या योगानें आपआपल्या कक्षांत फिरतात. आणि त्या दोन्ही प्रेरणा सारख्या नसल्यामुळें त्यांच्या कक्षा बरावर वर्तुळ पडत नाहींत दीर्घ वर्तुळाकार पडतात. आतां ध्रुवोत्सार आणि ध्रुवाकर्षक प्रेरणांच्या

शक्ति बरोबर समजणें हें गणित विषयाचें काम आहे. ह्याकरितां हा विषय ग्रहगणितामध्यें पहावा.

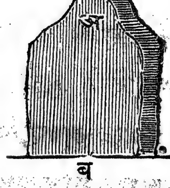
गुरुत्वमध्याविषयीं.

वर असें लिहिलें आहे कीं, पदार्थांवर जें पृथ्वीचें आकर्षण घडतें त्याचा व्यापार पदार्थांच्या आकारमानाच्या ह्मणजे लांबी रुंदीच्या अनुरोधानें घडत नाहीं, तर त्यांतील प्रकृत्यंशांच्या अनुरोधानें घडतो. पृथ्वी बहुतेक गोलाकार आहे, यामुळें तिचें आकर्षण मध्यापासून सर्वत्र सारखें घडतें, असें ह्मटलें तरी चिंता नाहीं, आणि तिजवरील पदार्थांशीं तिची तुलना केली असतां ती फारच मोठी आहे ह्मणून तिच्या मध्यापासून सरळ रेषांनीं पदार्थांवर आकर्षण होत असतांही, तें समांतर रेषांनीं होत आहे असें भासतें. पातळ पदार्थांतील प्रकृत्यंश एकमेकांस अगदीं चिकटून गेलेले नसतात, या कारणानें पृथ्वीच्या आकर्षणाचा व्यापार त्यांचे प्रत्येक प्रकृत्यंशावर घडून ते तिच्या मध्याकडे अतिसबल जागीं जाऊन स्थिर व्हावयास पहातात. परंतु घट्ट

पदार्थांत दुसऱ्याच तऱ्हेचा व्यापार दृष्टीस पडतो. त्यांत जे प्रकृत्यंश असतात ते स्नेहाकर्षणाच्या योगानें एकमेकांशीं अगदीं चिकटून गेलेले असतात, त्यामुळें घट्ट पदार्थांतील प्रत्येक परमाणूवर आकर्षणाचा व्यापार घडत नाहीं; परंतु ते सर्व परमाणु ज्या एका मध्याभोंवतीं लागून राहिलेले असतात त्यावर आकर्षणाचा व्यापार घडतो असें कल्पिलें ह्मणजे सर्वांवर घडल्याचें कार्य होतें. अशा मध्यास गुरुत्वमध्य असें ह्मणतात.

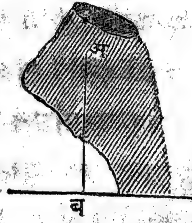
प्रत्येक घट्ट पदार्थांत गुरुत्वमध्य असतो, आणि त्या मध्यावर तो पदार्थ कसाही धरला असतां सारख्या तोलावर राहतो. आणि तो मध्य, जसा पाण्यांतील प्रकृत्यंश अतिसखल जागीं खालीं जावयास पाहतो, त्याप्रमाणेंच खालीं जाऊन राहावयास पाहतो, कारण ज्या पदार्थाखालीं टेकू लावला असतो त्या पदार्थाच्या गुरुत्वमध्यास मात्र खालीं जाववत नाहीं, वाटोळे, चौरस, अथवा समभुजाकृतीचे जे सुघटित आणि समान दार्ढ्याचे पदार्थ आहेत त्यांच्या मध्यांतच गुरुत्वमध्य असतो.

जे पदार्थ वेडे वांकडे असतात, किंवा ज्यांस दुसरे दोन तीन पदार्थ जोडलेले असतात त्यांचा गुरुत्वमध्य काढायाचा असल्यास ते ज्या भागावर धरले असतां समतोल राहातात तो भाग शोधून काढावा, ह्मणजे

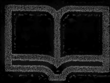


पासून पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर लंब पडे अशी एक रेघ काढली अशी कल्पना करून ती रेघ जर त्या पदार्थाच्या पायाच्या दोहों शेवटांच्या मध्यभागीं पडली, तर तो पदार्थ जमीनीवर स्थिर उभा राहील असें समजावें. यावरील आकृतींत अ हा पदार्थाचा गुरुत्वमध्य आहे, आणि त्यापासून जी रेषा काढली ती, बपाशीं मिळून पायांच्या दोहों शेवटांच्या मध्यें पडत्ये, यामुळें असल्या आकृतीचे पदार्थ आतां ठेवले आहेत असे ठेवले असतां जमीनीवर उभे राहातात, बाजूवर झुकून खालीं पडत नाहींत. परंतु गुरुत्वमध्यापासून ओढलेली रेषा जर पदार्थाच्या पायाच्या कोणत्या एका शेवटाच्या बाहेर पडली, तर तो पदार्थ आपल्या पायांवर उभा नराहतां

आकृति १९



उलथा पडून त्याच्या गुरुत्वमध्यापासून काढलेली रेषा पायांत पडे अशा स्थितींत येईल. (आकृति पहा) या आकृतींत अ या गुरुत्वम-

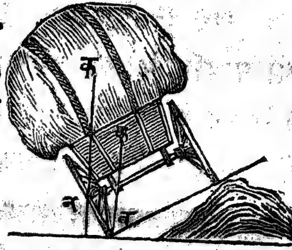




ध्यापासून काढलेली रेषा पायाच्या बाहेर व स्थलावर पडत्ये याकरितां असला पदार्थ उभा न राहतां आडवा जमीनीवर पडेल.

घरें, देवळें व उंच उंच मनोरे बांधतेवेळेस वरील नियम लक्षांत ठेविला पाहिजे, ह्मणजे त्यांचा पाया इतका रुंद ठेविला पाहिजे कीं, त्यांच्या गुरुत्वमध्यापासून जर पृथ्वीपृष्ठावर एक लंब रेषा केली तर ती त्या पायांत येईल. याप्रमाणेंच गाड्यांत ओझीं भरते वेळेस व बग्या, शिग्राम वगैरे वाहनांत माणसें भरतेवेळेसही त्यांच्या गुरुत्वमध्यापासून ओढलेली रेषा त्यांच्या पायांत पडे अशा बेतानें भरलीं पाहिजेत, ह्मणजे त्यांस धोंका पोंचायाचा नाहीं. परंतु या नियमाकडे लक्ष न ठेवतां, गाड्यांमध्यें ओझीं इतकीं वरपर्यंत घालतात आणि त्यामध्यें माणसें इतकीं भरतात कीं, जरा त्या कलत्या होण्याबराबर गुरुत्वमध्यापासून काढलेली रेषा पायाच्या बाहेर पडून त्या उलटतात, आणि त्यांतील माल नाजूक असल्यास फुटून जातो, आणि बसणाऱ्यांचे हात पाय मोडतात, आणि कधीं कधीं ते प्राणासही मुकतात. या सर्व उदाहरणांत चुकी एवढीच होत्ये कीं, सामान वरवेरी भरल्यापासून व माणसें गाडीच्या अढ्यावर बसविल्यापासून गुरुत्वमध्य वर चढला जातो, आणि जरा गाडी कलली ह्मणजे त्यापासून काढलेली रेषा

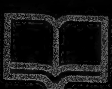
ने दाखविलें आहे. आणि माफक ओझें भरल्यामुळें गुरुत्वमध्यापासून जी लंब रेषा पडत्ये ती व वरवेरीं ओझें भरल्यामुळें जी पडत्ये ती अशा दोन क ब आणि क न या रेषा अक्षरांनीं दाखविल्या आहेत.

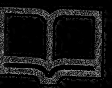


आकृति २०

यावरून असें समजतें कीं, वरवेरीं ओझें भरलें नाहीं तर गुरुत्वमध्यापासून केलेली लंब रेषा चाकांत पडून गाडी उलटत नाहीं, आणि वरपर्यंत भरली असतां गुरुत्वमध्य वर चढून त्यापासून केलेली रेषा चाकांच्या बाहेर पडून गाडी उलटत्ये. आलीकडे सर्व ओझें तळीं रहावें अशी युक्ति कित्येक गाड्यांत काढली आहे, त्यामुळें बहुतेक उलटण्याचें भय नाहींसें झालें आहे.

पदार्थांचा गुरुत्वमध्य ठिकाणीं नसला ह्मणजे पदार्थ उलथतात. ही गोष्ट लहान मुलांस ठाऊक नसल्यामुळें तीं खुरच्या वगैरे वरून पडून आपणास दुखापत करून घेतात. पुढील आकृतींत एक मुलगा खुरचीवर उभा राहून तिच्या पाठीवर ओणवा पडला





असें दर्शविलें आहे. आतां जोंपर्यंत त्याचा व खुर्चीचा साधारण गुरुत्वमध्य ह्मणजे अ पासून निघालेली रेषा ब वर पडल्ये तोंपर्यंत त्यास धोंका नाहीं; परंतु तो जरा अधिक ओणवला ह्मणजे लागलींच ही रेषा पायाच्या पलीकडे क वर पडून त्याचें खालीं डोकें वर पाय होतात.

आकृति २१



जे लोक दारुवगैरे पिऊन झिंगतात, ते चालूं लागले ह्मणजे त्यांचा तोल इकडे तिकडे जात असतो; कारण त्यांमध्यें जो गुरुत्वमध्य असतो त्याची वरचेवर चलबिचल होत असते. आपण चालत असतां जर एकाएकीं आपण पडत आहों असें आपणास वाटलें तर लागलेंच आपण आपला हात पुढें करून अथवा उलटें झुकून आपला तोल संभाळतों. याप्रमाणेंच भोरपीलोक जेव्हां नाड्यावरून चालतात तेव्हां हातामध्यें एक मोठा दोहोंकडांस वजनें लावलेला वासा घेतात, आणि ज्या बाजूकडे त्यांचा झोंक गेला असें त्यांस वाटतें त्याच्या उलट्या बाजूस तो वासा झुकवून आपला तोल संभाळितात. जे भोरपी फार कुशल असतात ते वासा न घेतां शुद्ध हातांवर आपला झोंक संभाळतात.

पदार्थांच्या गुरुत्वमध्यापासून काढलेली लंब

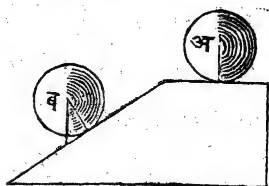
रणा त्या पदार्थांच्या तोलास ओढून धरीत असत्ये, त्यामुळें घडते. ह्यास उदाहरण – गाडीचें रिकामें एकच चाक सडकेवरून लोटीत नेतात त्या वेळीं हा प्रकार चांगला ध्यानांत येतो. पुढें ध्रुवोत्सार प्रेरणेच्या विषयांत फिरणाऱ्या पदार्थांचा विशेष विचार केला आहे त्यांत ह्या वरील गोष्टीचें विशेष विवरण केलें आहे.

कित्येक देवळें अथवा भिंती झुकून त्यांच्या गुरुत्वमध्यापासून केलेल्या लंब रेषा पायाच्या बाहेर जरीं पडल्या, तरीं त्या शेंकडों वर्षेंपर्यंत पडत नाहींत; याचें कारण असें आहे कीं, स्नेहाकर्षणाच्या योगानें त्यांचे भागांस जमीन खूप बळकट ओढून धरून त्यांस पडूं देत नाहीं.

पदार्थांचा गुरुत्वमध्य सदां सर्वदां त्यांतच नसतो. उदाहरण, अंगठीचा गुरुत्वमध्य अंगठींत नसतो, तर तिच्या वर्तुळाचा जो मध्य त्यांत असतो. आणि ती जर लांबोडी असली तर तसल्या आकृतीचा ज्या ठिकाणीं मध्य त्या ठिकाणीं असतो. याप्रमाणेंच नगाऱ्याचा गुरुत्वमध्य नगाऱ्यांत नसतो तर त्याच्या आ-

तील पोकळींत असतो, आणि त्या मध्यांत हु-वेखेरीज दुसरा पदार्थ नसतो.

आकृति २२



जर अ एक वाटोळा पदार्थ सपाट जमीनीवर ठेविला, तर तो तीवर स्थिर राहातो; कारण त्याच्या गुरुत्वमध्या-पासून एक लंब रेषा ओढली असतां ती, तो ज्या बिंदूवर स्थिर असतो त्यावर प-डत्ये. आणि तोच अ गोळा उतरत्या जमीनीवर ठेविला, तर ती लंबरेषा त्या बिंदूवर न पडून पुढें पडत्ये, तेणेंकरून तो स्थिर न राहतां खालीं गरडाळू-न येतो, आणि सपाट जागा सांपडे तोंपर्यंत त्यास स्थिर होतां येत नाहीं.

सहा फूट लांब, सहा फूट रुंद, आणि सहा फूट जाड अशी जर एक लोखंडी कांब असली, तर तिचा गुरुत्वमध्य बराबर तिच्या मध्यभागीं पडेल; कारण त्या ठिकाणीं जर तिला आधार दिला तर ती सम-तोल राहते.

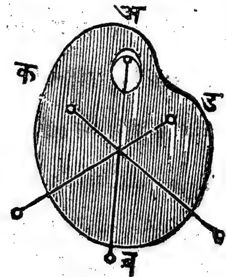
जर लोखंडी कांबीच्या एक्या टोंकास एक व-जन अडकविलें तर तिचा गुरुत्वमध्य बराबर मध्या-वर येत नाहीं, तर जें जड टोंक असतें तिकडे जातो, आणि जर दुसऱ्या टोंकास तितकेंच वजन लाविलें तर तो पुनः मध्यावर येतो.

हा जो वर नियम लिहिला याचें स्पष्टीकरण पृथ्वी आणि चंद्र यांच्या उदाहरणांत चांगलें करितां येतें. वर असें लिहिलें आहे कीं, सूर्याच्या आकर्षणामुळें पृथ्वी त्याच्या भोंवतीं प्रदक्षिणा करित्ये; परंतु पृथ्वीचा मध्य, जो सूर्या भोंवतीं फिरायाचा, तो न फिरतां पृथ्वी आणि चंद्र यांचा गुरुत्वमध्य त्याच्या भोंवतीं फिरतो. याचें कारण वरील कांबीच्या उदाहरणावरून चांगलें सांगतां येईल. आपण असें कल्पूं कीं, पृथ्वी आणि चंद्र ह्यांमध्यें जें परस्पर आकर्षण घडतें तें लोखंडी कांबीच्या स्थानीं होय, आणि त्या कांबीस एकीकडच्या टोंकास पृथ्वी आणि दुसऱ्या टोंकास चंद्र, जो पृथ्वीचा $\frac{1}{80}$ वा भाग आहे, तो असे दोन गोळे होत. ह्यामुळें पृथ्वी आणि चंद्र ह्यांचा गुरुत्वमध्य त्यांच्या मध्यबिंदूंच्या मधील रेषेच्या कोणत्या तरी एका बिंदूंत असतो. वास्तविक ह्मटलें तर हा बिंदु पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून आंतल्या अंगास फारसा दूर नसतो. ह्मणून जरकरितां सूर्याचें पृथ्वीवरील आकर्षण वाढून ती सूर्यावर जाऊन पडूं लागली तर हाच गुरुत्वमध्यबिंदु थेट सूर्याकडे जाऊं लागेल.

अस्ताव्यस्त आकृतीच्या पदार्थांचा गुरुत्वमध्य काढावयाचा झाल्यास, त्यास अनुक्रमें दोहों चोहों बाजूंकडून लोंबवून, त्या प्रत्येक बाजूपासून पडणारी लंब रेषा एकाच बिंदूंतून जाते कीं नाहीं हें पहावें

ह्मणजे झालें. त्या लंबरेषा ज्या एका बिंदूंतून जा-
तात तो त्या पदार्थाचा गु-

आकृति २३

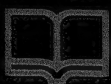


रुत्वमध्य असें समजावें. उ-
दाहरणार्थ आपण पुढील
आकृतीचा पदार्थ घेऊं. हा
पदार्थ अ बिंदूवर टांगला
असतां त्याच्या पडण्याचा
कल अब रेषेंत होईल. मग डपासून टांगला असतां त्या-
च्या पडण्याचा कल दुसऱ्याच एका रेषेनें होईल, आ-
णि ती रेषा अबस कापील, ह्या दोन रेषा ज्या बिंदूंत
एकमेकीस कापतात तो गुरुत्वमध्य होय. टांगण्याचा
तिसरा एकादा बिंदु क जरी घेतला, तरी वरील पदा-
र्थाच्या पडण्याच्या कलाची रेषा त्याच बिंदूंत दुस-
ऱ्या रेषांस कापील; आणि अशाप्रकारें टांगण्याचा
दुसरा कोणताही बिंदु घेतला तरी हीच गोष्ट घडेल.
जेव्हां अशी गोष्ट घडत नाहीं, तेव्हां आपले टांगून
धरण्यांत कांहीं दोष आहे, असें समजावें.

जीवरूप व मूलरूप सृष्टींतील नानातऱ्हांच्या
पदार्थांची रचना करण्यांत, गुरुत्वमध्य असा बराबर
साधलेला असतो कीं, सर्व भाग समतोल राहून त्यां-
ची बनावट खूप मजेदारीची असते. प्रत्येक जनावरा-
स आपल्या अवयवांवर आपला तोल संभाळितां ये-

मन गुरुत्व नियमाच्या विरुद्धही होतें; उदाहरणमाशा घराच्या तक्तपोशीवरूनही चालत असतात; परंतु अशा स्थळीं प्राण्यांनीं नपडावें ह्मणून दुसऱ्या कांहीं शक्तींची योजना केली आहे.

पदार्थांचें सौंदर्य त्यांच्या अवयवरचनेवर असतें; जो अवयव ज्याठिकाणीं जेवढा असावयाचा तेवढा त्या ठिकाणीं असला, आणि त्याची ठेवण बेताबाहेर नसली ह्मणजे त्या पदार्थास आपण सुरेख असें ह्मणतों. घराच्या भिंती व घराचे खांब हे वांकडेतिकडे नबसतां जेव्हां तंतोतंत सरळ बसतात, तेव्हां ते नदरेंत भरून मोठे सुंदर व खुबीदार दिसतात. आपणास असें वाटतें कीं कलता पदार्थजणोंकाय सृष्टिनियमविरुद्ध वागत आहे. सौंदर्याविषयीं अशी जी साहजिक बुद्धि होऊन गेली आहे तीमुळें गंवडी घरवगैरेच्या भिंती घालतेवेळेस त्यासुतीं होत चालल्या आहेत किंवा नाहींत हें पाहाण्याकरितां वारंवार ओळंबा लावून पाहातात. ह्या स्थळीं भिंतीच्या भक्कमपणाकडे आपलें लक्ष्य द्यावयाचें नाहीं.





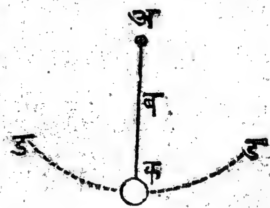
आंदोलकाविषयीं.

ज्या आकर्षणशक्तीच्यायोगें पदार्थ पतन पावतात, त्याच शक्तीच्यायोगें, त्यांस एका दोरीनें, तारेनें किंवा पट्टीनें एका बिंदूवर लोंबत ठेवून एका बाजूस सरसावून सोडून दिलें असतां, ते झोंके खात राहतात. अशातऱ्हेनें लोंबत ठेवलेला जो पदार्थ त्यास आंदोलक असें ह्मणतात.

आंदोलकांत एक धातूची तार असून, तिच्या खालच्या टोंकास एक पितळेचा अथवा दुसऱ्या धातूचा जड गोळा अडकविलेला असतो. आंदोलक झोंके खाऊं लागला असतां त्याचा गोळा जो मार्ग क्रमितो तो धनुष्याकृति असतो.

पुढील आकृतींत अगदीं साधा आंदोलक दाखविला आहे. तो ज्या बिंदूवर लोंबत राहतो तो अ बिंदू आहे. ब ही तार आहे. क हा चपटा धातुमय गोळा आहे. हा मळसूत्रानें ब तारेस अडकविला आहे, आणि तो मळसूत्राच्या योगानें तारेवर, वरखाल करितां येतो; आणि ड ड हा तो गोळा ज्या मार्गानें झोंके खातो तो धनुष्याकृति मार्ग आहे. जेव्हां आंदोलक

आकृति २४



आतां जर तो गोळा एका बाजूस ओढून तेथून सोडून दिला, तर तो लागलेंच गुरुत्वाकर्षणाच्या योगानें जमिनीवर पडावयास पहातो, परंतु त्याला जी तार अडकविलेली असते ती त्यास पूर्वस्थलावर ह्मणजे स्थिरतेच्या बिंदूवर नेते. परंतु तो त्या ठिकाणीं स्थिर होतनाहीं; कारण तो खालीं येतेवेळीं त्याच्या अंगीं जो वेग आलेला असतो त्याच्या योगानें तो, स्थिर बिंदूच्या दुसऱ्या बाजूस, प्रथमतः जितका वर ओढलेला असतो, तितकाच जातो. मग आपोआप पुनः खालीं पडून प्रथम जेथून सोडून दिला होता त्या स्थलाच्या जवळ येतो, पुनः तेथून खालीं येऊन आणखी इकडच्या बाजूस चढतो. ह्याप्रमाणें त्याची वरखाल झोंके खाण्याची शक्ति संपे तोंपर्यंत त्याचा व्यापार चालत असतो, आणि ती शक्ति अगदीं संपली ह्मणजे मग आपल्या स्थिरतेच्या बिंदूवर निश्चल होतो.

आंदोलक झोंके खाऊं लागला असतां त्यावर कोणत्याही बाह्यप्रेरणेचा व्यापार न चालूं झाला, तर तो ज्या धनुष्याकार मार्गांत झोंके खात असतो तो मार्ग हळू हळू लहान पडूं लागतो. असें होण्याचीं





दोन कारणें आहेत; एक हवेचा प्रतिबंध, आणि दुसरें तो ज्या बिंदूवर टांगलेला असतो त्या बिंदूचें घर्षण, ह्या दोहों कारणांनीं आंदोलक केव्हांनाहीं केव्हां तरी स्थिरावतो. ह्मणून हें स्पष्ट आहे कीं, हीं कारणें व्यापारशून्य करण्याजोगी एकादी प्रेरणा घडल्यावांचून तो आंदोलक सर्वकाळ झोंके खात राहाणार नाहीं. आंदोलक एका बाजूस नेऊन सोडून दिला असतां, तो धनुष्याकार मार्गांत झोंके खातो असें वर लिहिलें, परंतु जें धनुष्य पडतें तें झोंक्याच्या अनुरोधानें पडतें. ह्मणजे खूप एकीकडे सारून जर आंदोलक सोडून दिला, तर धनुष्य मोठें पडतें; आणि जवळून सोडून दिला, तर धनुष्य लहान पडतें. आतां हें धनुष्य ह्मटलें ह्मणजे वर्तुळाचा कांहीं तरी भाग आहे, आणि वर्तुळाचे ३६० अंश कल्पिले आहेत, ह्मणून आंदोलक ५, १०, २०, किंवा अर्ध वर्तुळाचे ह्मणजे १८० अंशाचे आंत पाहिजे तितके अंशपर्यंत झोंके खाईसें करतां येईल. परंतु हें झोंके खाणें प्राय: १० अंशांपासून २० अंशांपर्यंत असतें.

जर आंदोलकाचा गोळा ४ अथवा ५ अंशांच्या आंत फिरत असला तर त्याच्या अंगीं एक चमत्कारिक धर्म असतो, तो हा कीं १, २, ३, ४, अथवा ५, ह्यांपैकीं कितीही अंश त्या गोळ्याचें क्रमण झालें, तरी तो आपल्या स्थिरतेच्या बिंदूवर समान

नीं अशी गोष्ट घडेल किंवा नाहीं असा संशय उत्पन्न होतो, परंतु विचार करून पाहिलें ह्मणजे ती खरी आहे असें प्रत्ययास येतें. ह्या गोष्टीचें कारण असें आहे कीं, आंदोलक जितका जितका अधिक चालतो तितका तितका त्याचा वेग अधिक होतो, आणि जितकाजितका कमी चालतो तितकातितका वेग कमी होतो. परंतु इतकें मात्र लक्षांत ठेविलें पाहिजे कीं ह्या ठिकाणीं आंदोलकाची समान काळांत फिरण्याविषयींची जी तुलना केली आहे ती समान लांबीच्या तारेचे आंदोलक घेऊन केली आहे, अधिकउण्या लांबीचे घेऊन केली नाहीं.

ज्या आंदोलकाची तार लांब तो, आंखूड तारेच्या आंदोलकापेक्षां हळूहळू हेलकावे खातो; परंतु असे हेलकावे खाण्यास जो उशीर लागतो तो केवळ तारेच्या लांबीशीं बराबर प्रमाण ठेवीत नाहीं. आंदोलकाचे झोंके आणि पदार्थांचें पतन हीं दोन्हीं एकाजातीचीं आहेत. पदार्थ खालीं येत असतां १, २, ३, ४, सेकंदांत ते ज्या जागा क्रमितात त्या अनुक्रमें १, २, ३, ४, ह्यांशीं प्रमाण ठेवीत नाहींत, पण १, ४, ९, १६, ह्यांशीं ह्मणजे खालीं येण्यास जो





काल लागतो त्याच्या वर्गाशीं प्रमाण ठेवितात. आं-दोलकांविषयीं असें समजलें आहे कीं त्यांच्या लांबी हेलकाव्यांच्या काळांच्या वर्गांशीं प्रमाणांत असतात. उदाहरण — दोहों आंदोलकांचा एकएक हेलकावा होण्यास अनुक्रमें जर १ आणि २ सेकंद लागले त-र त्यांची लांबी १ आणि ४ ह्याप्रमाणांत होईल. असेंच जर कितीएक आंदोलकांस एक एक हेलकावा घेण्या-स १, २, ३, ४, असे सेकंद लागले तर त्यांच्या लांब्या १, ४, ९, १६, ह्या प्रमाणांत होतील.

आंदोलकांस जे हेलकावे बसतात ते आकर्षण-शक्तीच्यायोगानें बसतात असें वर सांगितलें, ह्मणून ही गोष्ट उघड आहे कीं आकर्षणशक्तीचा जोर जस-जसा कमी होत जाईल तसतसा हेलकाव्यांचा झोंक ही कमी होत जाईल. हा व्यापार पृथ्वीवर पु-ष्कळ ठिकाणीं दृष्टोत्पत्तीस येतो. मागें असें सांगित-लें आहे कीं पृथ्वीची आकृति गोलरूप आहे, परंतु ध्रुवांकडच्या अंगास जरा चपटी आहे; ह्याकरितां द-क्षिणोत्तर व्यासापेक्षां तिचा पूर्वापर व्यास २६ मैलां-नीं अधिक आहे, ह्मणजे पृथ्वीच्या मध्यापासून ध्रुवापर्यंतचे अंतरापेक्षां विषुववृत्तापर्यंतचें अंतर १३ मैलांनीं अधिक आहे, आणि गुरुत्वाकर्षण भूमध्यापा सून चालू होतें, ह्मणून विषुववृत्तावरील प्रदेशावर ह्या आकर्षणाचा जोर जितका असतो त्यापेक्षां ध्रुवां-

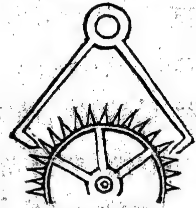
जवळील प्रदेशावर अधिक असतो. ध्रुवापासून विषुववृत्तापर्यंत प्रत्येक ठिकाणीं आकर्षणाचा जोर प्रमाणानें कमी होत असतो. विषुववृत्तावरील प्रदेश ध्रुवांपेक्षां पृथ्वीमध्यापासून दूर असल्यामुळें होणारा जो हा परिणाम त्याखेरीज, विषुववृत्ताकडे ध्रुवोत्सार प्रेरणेची अतिप्रबलता असल्यामुळें विषुववृत्तस्थ प्रदेशांत आकर्षणशक्तीचा जोर अधिककमी होतो.

अशा कारणांमुळें एका नियमित लांबीचा आंदोलक ध्रुवांजवळ जितका चालतो तितका विषुववृत्ता वरील प्रदेशावर चालत नाहीं. विषुववृत्तापासून जसजसें ध्रुवांकडे जाऊं लागावें तसतसा तो आंदोलक जलद चालूं लागतो. ह्याकरितां पृथ्वीच्या सर्व प्रदेशांवर आंदोलकांनीं समान वेगानें चालावें असें करावयाचें असल्यास विषुववृत्त आणि ध्रुव ह्यांच्या मधील अंतराच्या अनुरोधानें त्यांची लांबी न्यूनाधिक केली पाहिजे. ह्यामुळें प्रत्येक अक्षांशावर आंदोलकाची लांबी वेगळीवेगळी धरावी लागते.

आंदोलकाच्या नियमित आंदोलनापासून मोठ्या घड्याळांत त्याचा फार उपयोग पडतो. मोठ्या घड्याळांत जीं चक्रें असतात त्यांशीं आंदोलकाचा संबंध करून देऊन वजनें अथवा कमानी ह्यांच्या योगानें तो हलता केला, ह्मणजे घड्याळाच्या तोंडावर जी

तबकडी बसविलेली असते तिजवरील अवरकांटा आणि मिनिटकांटा हे चालूं लागतात, आणि ते चालूं लागले ह्मणजे त्यांवरून अमुक दिवस आला व अमुक रात्र झाली असें समजतें. घड्याळांतील चक्रांस आंदोलक लावला नाहीं, तर तीं चक्रें फार अनियमित फिरूं लागतात. एका मिनिटांत आंदोलकाचे ६० हेलकावे होत, ह्मणजे एका सेकंदांत एक हेलकावा होई, इतक्या बेताची त्याची लांबी ठेवितात, आणि त्याचा ज्या चक्राशीं संबंध केलेला असतो त्याच चक्राचा एकएक दांता दर हेलकाव्यास उलटतो, आणि तो तसा उलटूं लागला ह्मणजे त्याच्यायोगानें सर्व चक्रें फिरूं लागून घड्याळ चालूं लागतें.

आकृति २५



लंडन शहराच्या अक्षांशामध्यें आंदोलकाचे एका मिनिटांत ६० च हेलकावे व्हावेत, अधिकउणे होऊं नयेत, ह्मणून आंदोलकाची लांबी टांगलेल्या बिंदूपासून स्थिरतेच्या बिंदूपर्यंत ३९ इंच आणि एका इंचाचा सातवा भाग इतकी ठेवावी लागते, आणि एंडिबरो शहरांत ह्या पेक्षां यत्किंचित् अधिक लांबी ठेवावी लागते. लांबीमध्यें एका इंचाच्या १०००व्या भागा एवढी जर तफावत पडली, तर घड्याळांत एका-

दिवसांत एका सेकंदाची चूक पडते, ह्याकरितां आंदोलकाची लांबी फार विचारानें राखावी लागते. आंदोलकानें दर दिवसास एक सेकंद हळू चालावें असें करावयाचें असल्यास त्याची लांबी इंचाच्या १/१००० भागाइतकी वाढविली पाहिजे, आणि दर दिवसास एक सेकंद जलद चालावें असें करावयाचें असल्यास तितक्याच मानानें त्याची लांबी कमी केली पाहिजे. भिन्न भिन्न स्थलीं सेकंदाचें मान एकच राहाण्याकरितां, आंदोलकाचे लांबींत किती किती फेर करावा लागतो ह्याचा सुमार पुढील कोष्टकावरून करतां येईल.

स्थलाचें नांव.	अक्षांश.	आंदोलकाची लांबी
स्फिट्जबर्गेन.	७९° ४१' ५८'' उत्तर	३९.२१४६ इंच
एडिंबरो. ——	५५° ५८' ४०'' — —	३९.१५५४ ——
लंडन. ——	५१° ३१' ८'' — —	३९.१३९० ——
जमेका. ——	१७° ५६' ७'' — —	३९.०३५० ——
सिरालिओन	८° २९' २८'' — —	३९.०१९५ ——

लांब आंदोलकांनीं जें काम करावयाचें तें आंखड आंदोलकांनींही करितां येतें, आणि ही गोष्ट जेव्हां लांब आंदोलक लावतां येत नाहींत किंवा सुरेख दिसत नाहींत तेव्हां करितात. आंदोलकाची लांबी साधारण लांबीच्या चतुर्थांशाइतकी ठेविली म्हणजे एक सेकंदांत एका हेलकाव्याच्या जागीं दोन हेलकावे

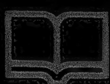
होतात, आणि ह्या हेलकाव्यांच्या अनुरोधानें चक्राची रचना केलीअसतां इष्टकार्य सिद्ध होतें.

आंदोलकांच्या तारा धातूच्या असतात, ह्मणून त्या उन्हाळ्याच्या उष्णतेनें लांब होतात, आणि थंडीच्या शीततेनें आंखूड होतात; ह्यामुळें त्यांच्या गतींमध्यें समानता राहात नाहीं, असा शीतोष्णापासून जो फेर पडतो तो दूर करण्याकरितां बहुत युक्ति योजिल्या आहेत; आणि त्यांच्या साहाय्यानें आंदोलक बनाविले आहेत. अशा प्रकारें बनाविलेल्या आंदोलकांच्या तारांची अशी चमत्कारिक रचना करितात कीं, त्यांतील एक तार ज्या वेळेस खालच्या भागाकडे वाढूं लागते त्याच वेळेस दुसरी तार वरच्या भागाकडे वाढूं लागते, आणि एकंदरीनें पाहतां उष्णतेपासून जो फेरफार व्हावयाचा तो नाहींसा होतो.

प्रत्येक आंदोलक हेलकावे खाऊं लागला ह्मणजे त्यांत जो एक बिंदु असतो त्यास आंदोलनबिंदु असें ह्मणतात. हा आंदोलन बिंदु स्थितिपरत्वें कधीं तारेंत असतो कधीं त्या गोळ्यांत असतो, आणि कधीं आंदोलकाच्या खालच्या बाजूसही असतो. ह्याचा पूर्ण बोध होण्याकरितां, आपणास असें मनांत आणलें पाहिजे कीं, हलत्या आंदोलकांतील प्रत्येक प्रकृत्यंशास वेगळे वेगळे झोंके घेण्याची जर शक्ति असती, तर असा ज

योगानें अगदीं घट्ट मिळून गेलेले असल्यामुळें जरी असत नाहीं, तरी त्यांचा तो कल नाहींसा होत नाहीं. दूरचे प्रकृत्यंश जवळच्या प्रकृत्यंशांस अडथळा करितात, आणि जवळचे दूरच्यांस पुढेंपुढें लोटीत असतात. अशा प्रकारें आंदोलकाच्या प्रकृत्यंशांतील व्यापारांची परस्पर अदलाबदल होत असत्ये, परंतु आंदोलकांत असा एक बिंदु किंवा स्थल असतें कीं त्यांत ही परस्पर अदलाबदल इतकी बराबर होऊन जाते कीं, प्रकृत्यंशांचे व्यापार अगदीं नाहींतसे होतात, आणि त्या बिंदूंतील प्रकृत्यंश जणोकाय दुसऱ्या प्रकृत्यंशांशीं संलग्नच नाहीं अशाबेतानें झोंके खात असतो. असा जो बिंदु तोच आंदोलनाचा बिंदु होय.

हा बिंदु आंदोलकामध्यें पुढील रीतीनें शोधून काढितात. एक साधारण आंदोलक घेऊन तो हेलकावे खात ठेवतात. मग शिशाची एक लहान गोळी घेऊन ती, पहिला आंदोलक ज्या बिंदूवर अडकविलेला असतो, त्या बिंदूवरूनच एका सुतास बांधून लोंबती करतात. ही गोळी आणि सूत मिळून साधा आंदोलक सिद्ध होतो. साधा आंदोलक ह्मणावयाचें का-





रण हेंच कीं ह्यांत सुताचें वजन इतकें थोडें असतें कीं तें नाहीं ह्मटलें तरी चालतें आणि ती गोळी अत्यल्प प्रतिबंधानें झोंके खात राहाते ह्याकारणामुळें प्रयोग करून दाखविण्यास असला आंदोलक फार उपयोगी पडतो. ह्या साध्या आंदोलकास पहिल्या आंदोलकाच्या पुढल्या बाजूस झोंके खात लावतात, आणि त्याची लांबी अधिकउणी करून पहिल्या आंदोलकाइतका वेग ह्याच्या अंगीं येई असें करतात. दोन्ही आंदोलकांचे झोंके खाण्याचे वेग सारखे झाले ह्मणजे दोन्ही स्थिर करतात, ह्मणजे पहिल्या आंदोलकावर ज्या ठिकाणीं ती शिशाची गोळी लागते तें ठिकाण आंदोलनबिंदूचें होतें.

साधारण आंदोलकांत ह्मणजे मोठ्या घड्याळांत जे आंदोलक असतात त्यांत आंदोलनबिंदूंचा कांहीं उपयोग पडत नाहीं खरा, परंतु त्या बिंदूवरून शिल्पशास्त्रांतील चमत्कारिक एक नियम समजतो, ह्मणून तो बिंदु शोधून काढण्याचा प्रकार वर सांगितला आहे. तो नियम पुढील आकृतीवरून सहज लक्षांत येईल. लाकडाचा किंवा धातूचा सरल व एकसारखा जाड असा एक तुकडा घेऊन तो आंदोलकाच्या ऐवजीं टांगला, तर पूर्वोक्त प्रकारानें त्याच्या आंदोलनाचा बिंदु त्या तुकड्यांत कोठें आहे हें आपणास कळेल. मग हा आंदोलक काढून घेऊन उलटला,

ह्मणजे वरचेंआंग खालीं केलें, आणि खालचें आंग वर केलें आणि त्याच्या आंदोलनाच्या बिंदूपासून तो पुनः टांगला, तर असें दिसून येईल कीं तो हलविला असतां त्याचे हेलकावे खाणें साध्या आंदोलकाच्या हेलकावे खाण्याबरोबर आहे. ह्याप्रकारें हेलकाव्यांत थोडासा देखील भेद न करितां आंदोलनाचा बिंदु टांगण्याचा बिंदु करितां येतो. आणि टांगण्याचा बिंदु आंदोलनाचा बिंदु करितां येतो. अशी गोष्ट घडणें हें सकृद्दर्शनीं विलक्षण दिसतें, परंतु विचारांतीं असें कळून येईल कीं तो आंदोलक उलटल्यानें, त्याचा कांहींतरी भाग आंसाच्या वरतीं राहातोच; ह्मणून आंदोलकाची लांबी कमी केल्यानें त्याचे आंगीं येणारा जो वेग तो आंसाच्या वरतीं राहिलेल्या भागाच्या योगें नाहींसा होतो आणि अर्थांतच त्याचे हेलकावे खाणें जसेंचें तसेंच राहतें.

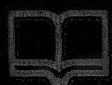
ध्रुवोत्सार प्रेरणा आणि वर्तुल गति.

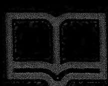
पदार्थ मध्याभोंवतीं फिरत असतां त्याच्या अंगीं सरळ रेषेनें पुढें जाण्याचा झोंक असतो, असा

झोंक ज्या प्रेरणेपासून उत्पन्न होतो त्या प्रेरणेस मध्योत्सारप्रेरणा ह्मणतात असें पूर्वीच लिहिलें आहे. जर आपण गोफणींत धोंडा घालून ती जोरानें फिरवूं लागलों आणि तींतील धोंडा एकाएकीं निघून जाऊं दिला तर तो पहिल्यानें थेट सरळ रेषेनें जातो परंतु त्यावर पृथ्वीचें आकर्षण चालू होऊन तो खालीं येत येत पृथ्वीवर येऊन पडतो. हत्यारे पाजविण्याच्या सहाणेच्या धारेशीं अतिनिकट संबंध होई अशा बेतानें पाणी ठेवून ती सहाण जोरानें फिरविली असतां तिजखालचें पाणी पहिल्यानें तिजवर चढून उडून जातें आणि ती सहाण अधिकाधिक जोरानें फिरविली असतां तें पाणी अधिकाधिक जोरानें उडून जातें. दळतांना जात्याच्या वरल्या तळीच्या मधील तोंडांत घातलेलें धान्य लागलेंच जात्याच्या तळ्यांच्या कडेस येऊन पिठाच्या रूपानें बाहेर पडतें. एका भांड्यांत थोडेसें पाणी घालून तें जर एकाच दिशेनें फिरविलें तर त्यांतील पाणी बाहेर निघून जावयास पाहतें ह्मणून तें भांड्याच्या कडेवर चढतें आणि अर्थातच मध्यें खळगा पडतो. मध्यापासून दूर निघून जाण्याचा जो हा पदार्थांच्या अंगीं कल आहे त्याचा उपयोग मातीचीं भांडीं वगैरे घडण्याच्या कामांत फार पडतो. चांगल्या मऊ मातीचा गोळा कुंभारानें फिरणाच्या चाकाच्या मध्यभागीं ठेवला ह्मणजे तो चा-

दोन्हींच्या काचाही तयार करण्याच्या कामांत ध्रुवोत्सार प्रेरणेचाच उपयोग करितात. उष्णतेनें मऊ केलेला कांचेचा वाटोळा व जाड असा एक गोळा घेऊन एका लोखंडी दांड्याच्या मध्यावर ठेवतात आणि तो दांडा पहिल्यानें एका दिशेनें आणि दुसऱ्यानें तिच्या विरुद्ध दिशेनें झपाट्यानें गोळा थंड होईपर्यंत वाटोळा फिरवितात ह्मणजे त्या गोळ्याचा पातळ व वाटोळा असा मोठा तवा बनतो, मग तो कापून त्याचींच चौरस तावदानें पाडतात.—

घोडेस्वार घोड्यांवर उभे राहून त्यांस जेव्हां भरधांव मंडळावर धरितात, तेव्हां ते नेहेमीं आपलें शरीर आंतल्या बाजूकडेस कलतें ठेवितात. ध्रुवोत्सार प्रेरणेच्या योगानें पुढें उडून जाण्याचा जो कल त्यांच्या शरीरांत येतो तो ह्या आंतील कलामुळें नाहींसा होऊन ते घोड्यावर कायम राहतात. घोडा मंडळावर भरधांव चालतांना अथवा जलदीनें कोपरा वळतांना आपलें शरीर स्वभावरीत्याच आंतल्या अंगाकडेस कलतें ठेवितो. इंग्लंड वगैरे थंड देशांत लोक बर्फावरून चालतांना पायांत लोखंडी जोडे घालतात, आणि ते गुळगुळीत बर्फावरून मंडळांत फिरत असत





आपलें आंग आंतल्या बाजूकडेस इतकें कलतें ठेवितात कीं, जर तशा स्थितींत ते उभे राहूं पाहतील तर निश्चयें एका अंगावर पडतील; परंतु ध्रुवोत्सारप्रेरणेच्या योगानें त्यांच्या शरीरांत मंडला बाहेर जाण्याचा जो कल येतो तो, घोड्यावर उभेराहून मंडलांत फिरणाऱ्या स्वारांस जसा आपले स्थितींत कायम राखतो, तसा ह्यांस कायम राखतो, पडूं देत नाहीं. ह्मणून ते लोक आपल्या इच्छेस येतें तशा वाटोळ्या मार्गानें मोठ्या शानीनें बिनधोक गमन करितात. ह्या कित्येक उदाहरणांवरून ध्रुवोत्सार प्रेरणेपुढें गुरुत्वाकर्षणशक्तीचें कांहीं चालत नाहीं असें स्पष्ट दिसून येतें. ह्याच प्रमाणें विषुववृत्ताजवळ पृथ्वीच्या फिरण्याचा वेग खूप झपाट्याचा असतो ह्मणून ती विषुववृत्ताकडील घेरांत २६ मैलांनीं फुगली आहे.

वरील उदाहरणांवरून ही गोष्ट स्पष्ट समजून येईल कीं, पदार्थ एका मध्याभोंवतीं फिरत असतां त्याच्या अंगीं सरळ रेषेनें पुढें जाण्याचा जो कल येतो तीच ध्रुवोत्सारप्रेरणा होय. आतां ज्या प्रेरणेच्या योगानें पदार्थ सरळ रेषेनें पुढें न जातां मध्याकडे ओढले जातात त्या प्रेरणेस ध्रुवाकर्षक प्रेरणा असें ह्मणतात. वर्तुळांत फिरणाऱ्या पदार्थांवर नेहेमीं ह्या दोन प्रेरणांचा व्यापार घडत असतो; ही गोष्ट ३२ व्या पृष्ठावरील चौथी आकृति पाहिली असतां चांगली ध्यानांत येईल.

त्या पदार्थाचें मध्यापासून अंतर आणि वेग हीं जशींचीं तशींच राहून जर त्यांत दुसरी भर घालून तो पहिल्यापेक्षां मोठा केला तर ज्या मानानें मोठा करावा त्याच मानानें ध्रुवोत्सार प्रेरणा वाढते. त्याचा मोठेपणा आणि वेग हीं न बदलतां जर मध्यापासून त्याचें अंतर वाढविलें तर त्याची ध्रुवोत्सार प्रेरणाही त्याच मानानें वाढत जाते. अंतर आणि मोठेपणा-हीं न बदलतां जर तो पदार्थ मध्याभोंवतीं एका नियमित वेळांत पहिल्यानें ज्या प्रदक्षणा करीत होता त्याच्या दुप्पट करूं लागला तर त्याची ध्रुवोत्सार प्रेरणा चौपट वाढेल, तिप्पट प्रदक्षिणा करूं लागला तर ध्रुवोत्सार प्रेरणा नऊ पट वाढेल. आणि चौपट प्रदक्षिणा करूं लागला तर ध्रुवोत्सार प्रेरणा सोळापट वाढेल, आणि ह्या प्रमाणेंच पुढेंही वाढत जाईल. ग्रहांचीं महत्वें आणि सूर्यापासून अंतरें हीं भिन्न भिन्न कालीं भिन्न भिन्न असतात, ह्यामुळें त्यांवर ज्या प्रेरणांचा व्यापार घडतो त्याही तशाच भिन्न भिन्न असतात.

पदार्थ आपले भोंवतीं फिरत असतां त्याचें फि-

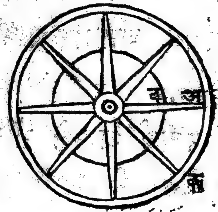




रणें त्या रेषेभोंवतीं होतें त्या रेषेस आंस असें ह्मणतात. हा आंस पृथ्वीच्या आंसाप्रमाणें कल्पित असतो अथवा चाकाच्या आंसाप्रमाणें खरा असतो. उखळींत बसविलेल्या कुसांवर फिरणाऱ्या दाराच्या फळीचा आंस त्या कुसांतून जाणाऱ्या रेषेंत असतो; आणि फिरत्या चाकाचा आंस त्याच्या मध्यांतून जाणाऱ्या वाटोळ्या दांड्यांत असतो. आतां ही गोष्ट उघड आहे कीं पदार्थ आपणाभोंवतीं कसाही फिरत असला तरीं त्यांतील प्रत्येक बिंदु एक एक वर्तुळ करितो, आणि त्या वर्तुळाचा मध्यबिंदु फिरणाऱ्या पदार्थाच्या आंसांतील एका बिंदूंत असतो.

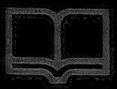
चाक आंसावर फिरत असतां त्याचा जो भाग मध्य बिंदूपासून फारच दूर असतो त्याच्या अंगीं वेग फारच मोठा असतो, आणि ह्या भागीं ध्रुवोत्सार प्रेरणाही फारच मोठी असते; पुढील आकृतींत मध्यांतून दांडे बसविलेलें असें एक चाक आहे. यांत दांड्याच्या अ शेवटाकडे जो वेग येतो तो मध्यापासून अर्ध्या अंतरावरील ब स्थळींच्या वेगापेक्षां अधिक असतो. परंतु ब स्थलास लहान वर्तुळ फिरावें लागतें ह्मणून मध्याभोंवतीं अच्या जितक्या प्रदक्षिणा होतात तितक्याच बच्याहोतात.

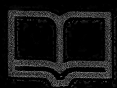
आकृति २६



त्सार प्रेरणा मध्याजवळ सामान्य मानाची असते ती परिघाजवळ पराकाष्ठेची मोठी होते. गतीची शक्ति वाढवून जर त्या पदार्थांचा वेग अधिक केला तर ध्रुवोत्सार प्रेरणा इतकी वाढते कीं कितीएक स्थलीं तिच्या योगानें पदार्थांच्या परमाणूंतील स्नेहाकर्षण नष्ट होऊन तो पदार्थ फुटतो आणि त्याचे तुकडे तुकडे होऊन उडून जातात. हत्यारें पाजविण्याच्या मोठमोठ्या साहाणा फार जलदीनें फिरविल्या असतां त्या फुटून जाऊन त्यांचे तुकडे चोंहींकडे उडून जाऊन फिरविणाऱ्या माणसांवर कदाचित् कपाळमोक्षही होण्याचा प्रसंग गुदरतो.

जलदीनें आपल्या सभोंवतीं फिरणाऱ्या पदार्थांत ध्रुवोत्सार प्रेरणा इतकी वाढवितां येते कीं तिच्या योगानें त्या समयीं त्या पदार्थांवर गुरुत्वाकर्षणाचा व्यापार चालत नाहीं. गोफणींत धोंडा घालून ती फिरविली असतां धोंडा तींतून निघून खालीं पडत नाहीं. याविषयींचें पुढील उदाहरण चांगलें ठसण्यासारिखें आहे. थोड्या फुटांच्या व्यासाच्या चाकाच्या कडेवर आंतल्या आंगास पाण्यानें भरलेली एक सुरई ठेऊन तें चाक हळूहळू फिरवूं लागून



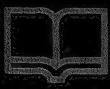


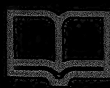
मग खूप सपाट्यानें फिरेसें केलें तर असें दिसून येईल कीं ती सुरई सभोंवार फिरत राहून आपली स्थिति सोडीत नाहीं आणि आंतील पाणीही उसळून खालीं पडत नाहीं. अशाप्रकारें ध्रुवोत्सारप्रेरणा गुरुत्वाकर्षणाचें ह्मणजे खालीं पडण्याचा जो कल त्याचें कांहीं चालूं देत नाहीं; परंतु चलनमध्याजवळ ध्रुवोत्सारप्रेरणा कमी असते ह्मणून जर सुरई त्या मध्याजवळच्या जागीं ठेऊन चाक फिरविलें, तर ती लागलीच जमीनीवर पडेल.

आपले भोंवतीं फिरणाऱ्या पदार्थांचा आंस जेव्हां कल्पित असतो तेव्हां तो पृथ्वीच्या आंसाप्रमाणें कधीं कधीं स्वतांच फिरत असतो. आपणाभोंवतींच्या चलनाच्या बहुत्येक उदाहरणांत आंस अचल असतो. आणि चलन नेहेमी एकाच दिशेनें घडत असतें. लहान व मोठीं घड्याळें आणि दुसरीं यंत्रें ह्यांतील चक्रांत वर लिहिल्याप्रमाणेंच चलन घडतें, परंतु आंदोलकाचे झोंके, धाकटे घड्याळांतील समता राखण्याचें चक्र, ज्यास इंग्रजींत बालेन्सव्हुईल ह्मणतात, आणि वाफेच्या यंत्रांतील फिरते दांडे किंवा तुळया वगैरे कांहीं उदाहरणांत चलन आळीपाळीनें होतें, ह्मणजे चलन कांहींवेळ एका दिशेनें होतें मग तितकाच वेळ तद्विरुद्ध दिशेनें होतें, आणि तें पुनः पहिल्या दिशेनें होतें मग तद्विरुद्ध दिशेनें. ह्या

ध्याच्या दिशेंत जर एकाद्या प्रेरणेचा व्यापार क्षणोक्षणीं घडला तर तो पदार्थ प्रेरणेच्या दिशेंत समानगतीनें जाऊं लागतो. अशा रीतीनें जाणाऱ्या पदार्थांचे आंगीं आपल्या भोंवतीं फिरण्याची गति नसते, एका स्थलाहून दुसऱ्या स्थलीं जाण्याचीमात्र गति असते. अशा गतीस स्थलांतरगति ह्मणतात. परंतु पदार्थास गति देणारी प्रेरणा त्याच्या गुरुत्व मध्याच्या दिशेंत घडली नाहीं तर त्याच्या आंगीं स्थलांतर गति येऊन ही आपल्या गुरुत्वमध्याभोंवतीं प्रदक्षिणा करण्याची गति येते. ह्या उदाहरणांत त्या दोहों गतींपैकीं प्रत्येक गति दुसरी गति नसतां ज्या प्रकारची झाली असती त्याचप्रकारची असते, कमजास्त असत नाहीं; ह्मणजे प्रेरणा गुरुत्वमध्याच्या दिशेंत घडून जशी स्थलांतरगति त्यापदार्थास प्राप्त झाली असती तशीच आतां प्राप्त होते, आणि त्याच प्रेरणेनें पदार्थाचा आंस गुरुत्वमध्यास खिळला असतां त्यासभोंवतीं प्रदक्षिणा करण्याची जशी गति त्यापदार्थास प्राप्त झाली असती तशीच आतां प्राप्त होते.

फिरत्या पदार्थाच्या आंसापासून कांहीं अंतरावर असा एक बिंदु असतो कीं त्या बिंदूंत प-





दार्थांचे सर्व प्रकृत्यंश एकवट केले तर त्यांपासून प्रदक्षिणाकारगतीस सर्व पदार्थापासून जितका प्रतिबंध होतो तितकाच प्रतिबंध होतो; परंतु दोन्ही उदाहरणांत आंसापासून प्रेरणेचें अंतर आणि तिचें मान हीं एकसारखीं आहेत, असेंमात्र मानिलें पाहिजे. ह्या बिंदूस प्रदक्षिणेचा मध्य असें ह्मणतात, आणि आंसापासून ह्याचें जें अंतर त्यास प्रदक्षिणेची त्रिज्या असें ह्मणतात. झोंके खाणाऱ्या पदार्थांतील आंदोलन बिंदु आणि प्रदक्षिणेचा मध्यबिंदु हे दोन्ही सजातीय आहेत. पदार्थाच्या वजनाच्या संख्येनें प्रदक्षिणेच्या त्रिज्येच्या वर्गास गुणिलें तर त्या गुणाकारास जडत्वाचें चालकत्व असें ह्मणतात. उदाहरणार्थं चाकाचें वजन १० पौंड आणि त्याच्या प्रदक्षिणेची त्रिज्या २ फूट धरली, तर २ चा वर्ग ४ आणि १० ह्यांचा गुणाकार ४० हा जडत्वाचें चालकत्व होय.

जर पदार्थाचे अवयव प्रदक्षिणेच्या आंसासभोंवतीं समविभाग असले, ह्मणजे पदार्थाचे सारखे विभाग आंसापासून सारख्या अंतरावर आणि बराबर विरुद्ध दिशांत असले, तर ध्रुवोन्सारप्रेरणांचे परस्पर व्यापार समतोल होऊन आंसावर मुळींच दाब पडणार नाहीं, आणि पदार्थ त्या आंसाभोंवतीं सतत फिरत राहील. जसें, एकसारख्या जाडीचा गोल आपल्या

फिरता राहील. जर आपल्या आंसाभोंवतीं निरंतर पदार्थ एकसारख्या जाडीचा नसला, ह्मणजे आपल्या कल्पित आंसावर समतोल नसला तर, त्याची गति वेडी वांकडी होऊन घर्षणाच्या योगानें तो जितका लवकर स्थिर होईल तितका तो एकसारख्या जाडीचा असतां होणार नाहीं.

४ या भागांत लिहिलेल्या सर्व विषयांचा गोषवारा.

एका स्थानापासून दुसऱ्या स्थानाकडे जाणें ह्मणजे स्थिरता विरुद्ध जो व्यापार त्यास चलन असें ह्मणतात. निर्जीव पदार्थांच्या अंगीं चलन उत्पन्न होण्यास कारण प्रेरणा होय. प्रेरणेच्या योगानें स्थिर पदार्थास चलित करितां येतें, चलित पदार्थास स्थिर करितां येतें आणि पदार्थांच्या चलनांत हवा तसा फेरफार करितां येतो. दोन अथवा दोहोंपेक्षां अधिक पदार्थ ज्या वेळेस एकमेकांस लागून अथवा एकमेकांसहवर्तमान फिरत असतात अथवा लागलेले नसून एकाच रीतीनें व एकाच वेगानें फिरत असतात त्या वे-

ळची जी त्यांची गति तीस **साधारणगति** असें ह्मणतात. जेव्हां पदार्थ अंतराला मध्यें एक्या प्रदेशापासून दुसऱ्या प्रदेशाकडे जातो तेव्हांची जी त्याची गति तीस **स्वतंत्र** गति असें ह्मणतात. दोन पदार्थ चालू असतां त्यांतील एका पदार्थाच्या गतीच्या संबंधानें जी दुसऱ्या पदार्थाची गति तीस **ससंबंधिक** गति असें ह्मणतात. एकाद्या पदार्थास प्रेरणा दिली असतां तिचें कार्य कांहीं प्रतिबंधामुळें अथवा दुसऱ्या प्रेरणेच्या विरुद्ध व्यापारामुळें कुंठित होऊन तिजपासून जेव्हां चलन उत्पन्न होईनासें होतें, तेव्हां त्या प्रेरणेस **दाब** असें ह्मणतात. आणि अशा प्रकारें परस्परांचीं कार्यें कुंठित करणाऱ्या प्रेरणांस समतोल अथवा पदार्थास **समतोलनांत राखणाऱ्या प्रेरणा** असें ह्मणतात. प्रेरणा दोन प्रकारची. **सकृत् प्रेरणा** आणि **सतत प्रेरणा**. जी सतत प्रेरणा समान मानानें घडत असते तीस **समसतत प्रेरणा** असें ह्मणतात; आणि जी विषम मानानें घडत असते तीस **विषम सतत प्रेरणा** असें ह्मणतात. पदार्थाच्या गतीचें जें मान त्यास त्या पदार्थाचा **वेग** असें ह्मणतात. ज्या गतीचें मान एकसारखें असतें त्या गतीस **समगति** असें ह्मणतात. ज्या गतीचें मान उत्तरोत्तर वाढत जातें त्या गतीस **वर्धमानगति** असें ह्मणतात. ज्या गतीचें मान उत्तरोत्तर कमी होत जातें त्या गतीस

क्षीयमाण गति असें ह्मणतात. ज्या प्रेरणेपासून वर्धमान अथवा क्षीयमाण गति उत्पन्न होत्ये त्या प्रेरणेसही अनुक्रमें **वर्धमान** आणि **क्षीयमाण** प्रेरणा असें ह्मणतात. पदार्थ चालू झाल्यावर जो त्याच्या अंगीं जोर येतो त्यास **चालकत्व** असें ह्मणतात. चालकत्व पदार्थांतील प्रकृत्यंश आणि त्याचा वेग यांच्या प्रमाणांत असतें.

सर ऐझाकन्यूटन यानें ठरविलेले चलनाचे नियम— नि०पहिला. पदार्थास प्रेरणे वांचून आपल्या अवस्थेमध्यें पालट करितां येत नाहीं. ह्मणजे जर तो स्थिर असला तर प्रेरणेवांचून त्यास चलित होतां येत नाहीं आणि चलित असला तर त्यास सरळ रेषेंत समान गतीनें एकसारखें चालावें लागतें. नि० दुसरा. चलन विशिष्ट पदार्थावर एकादी प्रेरणा घडली असतां जो त्याच्या चलनांत फेर पडतो तो त्या प्रेरणेच्या प्रमाणांत असतो, आणि ती प्रेरणा ज्या दिशेकडे घडत्ये त्याच दिशेकडे तो फेर पडतो. नि० तिसरा. आघात आणि प्रत्याघात हे नेहेमीं समान असतात आणि त्यांचा व्यापार परस्पर विरुद्ध दिशांत घडतो; अथवा एक पदार्थ दुसऱ्या पदार्थावर जितक्या जोरानें आपटतो तितक्याच जोराचा दुसऱ्या पदार्थाचा धक्का पहिल्या पदार्थावर उलट बसतो; आणि पहिल्याचा धक्का दु-

ऱ्यावर ज्या दिशेकडून बसतो त्या दिशेच्या उलट दिशेकडून दुसऱ्याचा धक्का पहिल्यावर बसतो.

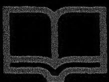
दोन किंवा अधिक प्रेरणा एक्या पदार्थावर भिन्न दिशांत घडून जें कार्य उत्पन्न होतें तें एक्याही प्रेरणेकरून उत्पन्न होतें; अशा प्रेरणेस **फलितप्रेरणा** ह्मणतात. फलितप्रेरणा शोधून काढण्याचें जें कृत्य त्यास **प्रेरणांचेंएकीकरण** असें ह्मणतात. पदार्थावर एकच प्रेरणा घडली असतां जें कार्य उत्पन्न होतें तेंच कार्य ज्या अनेक प्रेरणांच्या योगानें फलित होतें त्या प्रेरणा शोधून काढण्याचें जें कृत्य त्यास **प्रेरणांचें पृथक्करण** असें ह्मणतात. आघात आणि प्रत्याघात हे नेहेमीं समान असतात आणि ह्यांचा व्यापार परस्पर विरुद्ध दिशांत घडतो ह्मणून जे स्थितिस्थापक नाहींत असे दोन एकसारखे पदार्थ सारख्या वेगानें समोरासमोरून येऊन जर एकमेकांवर आपटले तर प्रत्येकाची पुढें जाण्याची गति बंद पडून ते दोघेही स्थिर होतात. परंतु स्थितिस्थापक पदार्थांमध्यें प्रत्याघाताचा व्यापार एकदम चालू होऊन एकाची गति दुसऱ्यास लागलीच प्राप्त होत्ये.

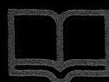
एक पदार्थ सरळ रेषेंत जात असतां तो दुसऱ्या पदार्थावर आपटून आपली गमनाची दिशा बदलून जाऊं लागला असतां जी त्याची गति तीस **परावर्तनगति** असें ह्मणतात. पदार्थ दुसऱ्या पदार्था-

आणि हे दोन्ही कोन नेहेमी बरोबर असतात.

आकर्षणशक्तीच्या योगानें पदार्थ भूमीवर प-डतात अथवा तिकडे ओढले जातात आणि यामुळेंच त्यांच्या अंगीं गुरुत्व अथवा भार उत्पन्न होतो. वातावरणाचा प्रतिबंध हिशेबांत न धरून पाहिलें अ-सतां पदार्थ पतन पावतेवेळेस तो जसजसा पृथ्वीकडे येऊं लागतो तसतसा त्याचा वेग वाढूं लागतो. आ-णि ही वाढ गणित प्रमाणानें वाढत जात्ये. दुसरी अशी गोष्ट आहे कीं, पदार्थ लहान किंवा मोठे असो-त अथवा हलके किंवा जड असोत ते सर्व एका उंच जाग्यावरून सोडून दिले असतां ते मधील हवे-चा प्रतिबंध दूर केल्यास सारख्याच वेगानें समानका-ळीं खालीं पडतात. प्रेरकशक्तीनें पदार्थ फेंकले असतां त्यांस प्रक्षिप्तपदार्थ असें ह्मणतात. आणि यांवर प्रेरकशक्ति आणि आकर्षणशक्ति या दोहोंचा व्यापार चालूं होतो यामुळें ह्यांच्या अंगीं वक्रगति उत्पन्न होत्ये आणि ही वक्रता प्रेरकशक्तीशीं प्रमा-णांत असत्ये.

प्रत्येक घट्ट पदार्थांत गुरुत्वमध्य असतो, आणि त्या मध्यावर तो पदार्थ कसाही धरला असतां सा-





रख्या तोलावर राहतो. जे चांगले सुघटित व समान दार्ढ्याचे पदार्थ आहेत त्यांचा गुरुत्वमध्य त्यांच्या मध्यांतच असतो, आणि जे पदार्थ वेडे वांकडे असतात त्यांचा गुरुत्वमध्य काढायाचा असल्यास ते ज्या भागावर धरले असतां समतोल राहतात तो भाग शोधून काढावा ह्मणजे तोच त्यांचा गुरुत्वमध्य होय.

पदार्थ एक्या मध्याभोंवतीं फिरत असतां त्यांच्या अंगीं सरळ रेषेनें पुढें जाण्याचा जो कल येतो तीच ध्रुवोत्सार प्रेरणा होय; आणि ज्या प्रेरणेच्या योगानें पदार्थ सरळ रेषेनें पुढें न जातां मध्याकडे ओढले जातात त्या प्रेरणेस ध्रुवाकर्षक प्रेरणा असें ह्मणतात.

